НГАУ
Новосибирский государственный аграрный университет

ISSN 2072-6724

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY

№1(70)
2024

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский государственный аграрный университет

Научный журнал

№ 1(70)2024

Н.Н. Кочнев
главный редактор, доктор биологических наук, профессор

Учредитель: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Основан в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций

ПИ № ФС 77-35145 29.01.2009.

Материалы издания выборочно включаются в международные базы данных Agris, Ulrich's Periodicals Directory

Russian Science Citation Index

Электронная версия журнала на сайте: www.elibrary.ru

Адрес редакции и издателя:
630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160, каб. 106
журнал «Вестник НГАУ»
(Новосибирский государственный аграрный университет)
Телефоны: +7 (383) 264-23-62;
+7 (383) 264-25-46 (факс)
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Подписной индекс издания 94091

Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)

Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, главный редактор (Новосибирск, Россия)

Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Будажапов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

Булашев А.К. – д-р вет. наук, профессор кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)

Бямбаа Б. – д-р вет. наук, академик Монгольской академии наук, президент Монгольской академии аграрных наук (Улан-Батор, Монголия)

Вышегуров С.Х. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, профессор кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, профессор кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)

Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Добротворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Жучаев К.В. – д-р биол. наук, профессор кафедры технологии и управления качеством с.-х. продукции ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Кауфман О. – д-р аграр. наук, профессор Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)

Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Коуржил Я. – Ph. D., профессор лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будеевице, Чехия)

Кочетов А.В. – д-р биол. наук, акад. РАН, директор ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Мейсснер Р. – д-р техн. наук, профессор кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)

Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., профессор кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)

Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Поповски З. – д-р аграр. наук, профессор кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)

Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор *Мищенко О.Н.*
Редактор *Коробкова Т.К.*
Компьютерная верстка *Колбин В.С.*
Переводчик *Рюмкина.И.Н.*
Дата выхода в свет 03 апреля 2024 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Объем 31,5 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2727.

Отпечатано в ИЦ НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. +7 (383) 267-09-10. E-mail: 213-45-39@mail.ru

© ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 2024

VESTNIK NGAU

Novosibirsk State Agrarian University

Scientific journal

No. 1(70)2024

H.H. Kochnev
Editor-in-Chief,
Doctor of Biological Sc.
Professor

The founder is Federal State State-Funded Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State Agrarian University"

The journal is based in December, 2005

The journal is registered in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technologies and Mass Media Certificate PI No. FS 77-35145 29.01.2009.

The materials are included into the database Agris, Ulrich's Periodicals Directory on a selective basis

Russian Science Citation Index

E-journal is found at: www.elibrary.ru

Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264–23–62;
Fax: +7 (383) 264–25–46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

Rudoi E.V. – Dr. of Economic Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)

Kochnev N.N. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kamaldinov E.V. – Dr. of Biological Sc., Associate Professor, the Deputy of Editor-in-Chief, (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)
Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)
Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)
Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botanics and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Glavendekich M.M. – Dr. Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)
Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)
Dobrotvorskaia N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)
Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at of Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)
Dubovskii I.M. – Dr. of Biological. Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Zhuchaev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)
Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)
Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)
Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)
Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Meissner R. – Dr. tof Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)
Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)
Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)
Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)
Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.H.*
Editor *T.K. Korobkova*
Desktop publishing: *Kolbin V.S.*
Translator: *Ryumkina. I.N.*
Date of publication April 03 2024. Free price.
Size is 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Volume contains 31,5 publ. sheets. Offset paper is used.
Typeface "Times New Roman" is used. Order no. 2727.

Printed in "Zolotoy Kolos" Publ. of Novosibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str., office 106, 630039 Novosibirsk. Tel.: +7 (383) 267-09-10
E-mail: 2134539@mail.ru

© FSSFEI HE "Novosibirsk State Agrarian University", 2024

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Александрова Т.И. Значение некорневых подкормок в повышении продуктивности сортов сливы в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья.

Alexandrova T.I. The importance of foliar feeding in increasing the productivity of plum varieties in acute adrid conditions of the lower Volga region. **5**

Бочкарев Д.В., Столяров А.В., Никольский А.Н., Кузнецова Г.Н., Бочкарев В.Д., Вишняков А.Г. Многолетний мониторинг засоренности посевов льна как основа для разработки эффективной системы защиты.

Bochkarev D.V., Stolyarov A.V., Nikolsky A.N., Kuznetsova G.N., Bochkarev V.D., Vishnyakov A.G. Long-term monitoring of weed contamination in flax crops as a basis for developing an effective protection system. **14**

Власова Л.М., Попова О.В. Эффективность баковых смесей протравителей и микроудобрений против комплекса вредителей и болезней ярового ячменя.

Vlasova L.M., Popova O.V. Effectiveness of tank mixtures of protectants and micro fertilizers against a complex of pests and diseases of spring barley. **25**

Галиченко А.П. Наследование количественных признаков и эффект гетерозиса у гибридов сои первого поколения

Galichenko A.P. Inheritance of quantitative traits and the effect of heterosis in first-generation soybean hybrids. **34**

Данилов В.П., Садохина Т.А., Петров А.Ф., Познахарева О.А., Ланин В.А., Данилов Н.В. Новый сорт ярового рапса для условий Сибири.

Danilov V.P., Sadokhina T.A., Petrov A.F., Poznakhareva O.A., Lanin V.A., Danilov N.V. A new spring rape variety for Siberia conditions. **41**

Долженко А.Я., Зубарев Ю.А., Гунин А.В. Жирнокислотный состав масла плодовой мякоти и семян облепихи алтайской селекции.

Dolzhenko A.I., Zubarev Yu.A., Gunin A.V. Fatty acid composition of fruit pulp oil and seeds of sea buckthorn selection. **51**

Зубкова Т.В. Биологическая активность почвы и продуктивность ярового рапса в зависимости от применения удобрений на фоне внесения дефеката в условиях лесостепи ЦЧР.

Zubkova T.V. Biological activity of soil and productivity of spring rape depending on the application of fertilizers in the background of defect application in the forest-steppe conditions of the CCR (Central chernozem region). **59**

Иванова Е.П., Клыков А.Г. Перспективы использования штаммов *Sinorhizobium meliloty* для повышения продуктивности люцерны изменчивой в условиях Приморского края.

Ivanova E.P., Klykov A.G. Prospects for the use of *Sinorhizobium meliloty* strains to increase the productivity of variegated alfalfa in the conditions of the Primorsky territory. **66**

Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф., Казанцев М.П. Влияние обработки семян зерновых культур природными адсорбентами на фитосанитарное состояние семенного материала.

Korobeinikov A.S., Ashmarina L.F., Kazantsev M.P. Influence of treatment of grain seeds with natural adsorbents on the phytosanitary condition of seed material. **75**

Лящева Л.В., Прок И.А., Викторова И.А. Влияние цеолитов разных фракций на урожайность и качество томатов в условиях Северного Зауралья.

Lyashcheva L.V., Prok I.A., Viktorova I.A. Influence of zeolites of different fractions on the yield and quality of tomatoes in the Northern Transural region. **86**

Нугманов А.Х.-Х., Титова Л.М., Бакин И.А., Журавлев А.В. Биоразлагаемые мульчирующие материалы для сельского хозяйства: технологии и экологическая безопасность.

Nugmanov A.H.-H., Titova L.M., Bakin I.A., Zhuravlev A.V. Biodegradable mulching materials for agriculture: technology and environmental safety. **95**

Полякова Н.В., Шумихин С.А., Шакина Т.Н. Темпы роста и сезонное развитие некоторых сортов сирени (*Syringa* L.) в регионах с различными климатическими условиями.

Polyakova N.V., Shumikhin S.A., Shakina T.N. Growth rates and seasonal development of some varieties of lilac (*Syringa* L.) in regions with different climatic conditions. **112**

Поползухина Н.А., Мазепа Н.Г., Поползухин П.В., Якунина Н.А. Создание адаптивных к условиям Западной Сибири и Северного Казахстана сортов яровой мягкой пшеницы с использованием цитоплазмы других видов.

Pololzukhina N.A., Mazepa N.G., Pololzukhin P.V., Yakunina N.A. Creation of spring soft wheat varieties adaptive to the conditions of Western Siberia and Northern Kazakhstan using cytoplasm of other species. **121**

Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В., Чернышева О.О. Продуктивные травостои пастбищного использования для условий Вологодской области.

Pryadilshchikova E.N., Vakhrusheva V.V., Chernysheva O.O. Productive grass stands of pasture use for conditions of the Vologda region. **130**

Снигирева О.М., Жилин Н.А., Ведерников Ю.Е., Баталова Г.А., Щеклеина Л.М. Влияние биопрепаратов и продолжительности хранения семян на лабораторную всхожесть растений яровой пшеницы.

Snigireva O.M., Zhilin N.A., Vedernikov Yu.E., Batalova G.A., Shchekleina L.M. Influence of biological products and seed storage duration on laboratory germination of spring wheat plants. **140**

Тимошенкова Т.А. Устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы мировой коллекции VIR к *Puccinia recondite* в условиях Оренбургского Предуралья.

Timoshenkova T.A. Resistance of samples of spring soft wheat of the world collection VIR to *Puccinia recondite* b conditions of the Orenburg cisdural Region. **150**

Торопова Е.Ю., Каменев И.А. Сравнительная оценка эффективности контактного и системного фунгицидов для обработки семян сои в лесостепи Новосибирской области. **Toropova E.Yu., Kamenev I.A.** Comparative assessment of the effectiveness of contact and systemic fungicides for treating soybean seeds in the forest-steppe of the Novosibirsk Region. **161**

Юсова О.А., Николаев П.Н., Васюкевич С.В. Новый высококачественный сорт ярового овса Иртыш 33. **Yusova O.A., Nikolaev P.N., Vasyukevich S.V.** New high-quality spring oats variety Irtysh 33. **169**

Якунина Н.А., Поползухина Н.А., Паршуткин Ю.Ю. Оценка сортов и линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе в условиях южной лесостепи Западной Сибири с использованием индексов засухоустойчивости. **Yakunina N.A., Pololzukhina N.A., Parshutkin Yu.Yu.** Assessment of spring broad wheat varieties and lines for drought resistance in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia using drought resistance indices. **178**

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

VETERINARY, ANIMAL SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY

Зайко О.А., Коновалова Т.В., Петухов В.Л. Уровень кадмия в паренхиматозных органах свиней породы ландрас. **Zayko O.A., Konovalova T.V., Petukhov V.L.** Cadmium level in parenchymatous organs of landrace pigs. **185**

Коновалова Т.В. Влияние генотипа отцов на содержание меди в печени потомков у крупного рогатого скота. **Konovalova T.V.** The impact of the paternal genetic makeup on the copper concentration in the livers of offspring in cattle. **196**

Криворучко А.Ю., Каниболоцкая А.А., Скокова А.В., Яцык О.А., Шелудько П.А. Новые гены-кандидаты, ассоциированные с толщиной жира у овец породы российский мясной меринос. **Krivoruchko A.Yu., Kanibolotskaya A.A., Skokova A.V., Yatsyk O.A., Sheludko P.A.** New candidate genes associated with fat thickness in russian meat merino sheep. **204**

Манакова О.О., Янченко Т.А., Власенко В.С. Испытание экспериментальных бруцеллезных антигенов в стимулированном клеточном тесте с нитросиним тетразолием. **Manakova O.O., Yanchenko T.A., Vlasenko V.S.** Testing of experimental brucellosis antigens in a stimulated cell test with nitroblue tetrazolium. **212**

Митрофанов С.В., Шестакова А.И., Папаскири Т.В., Савушкина Л.Н. Анализ влияния глобального изменения климата на устойчивость пчеловодства. **Mitrofanov S.V., Shestakova A.I., Papaskiri T.V., Savushkina L.N.** Analysis of the impact of global climate change on the sustainability of beekeeping. **219**

Некрасова М.А., Степанова М.А., Алексеева З.Н. Влияние поведения и условий содержания на затраты корма у молодняка американской норки Standard dark brown. **Nekrasova M.A., Stepanova M.A., Alekseeva Z.N.** Influence of behavior and conditions on feed costs of young american mink Standard dark brown. **230**

Новикова Н.Н., Косарева Н.А. Влияние силоса, консервированного Микробиовитом Енисей, на физиологические показатели бычков. **Novikova N.N., Kosareva N.A.** Influence of silage preserved by Yenisey microbiovital on the physiological indicators of cells. **237**

Павлов А.В., Смертина Е.Ю., Горб Н.Н. Разработка прибора для фотодинамической терапии. **Pavlov A.V., Smertina E.Y., Gorb N.N.** Development of a device for photodynamic therapy. **246**

Патракова И.С., Гуринович Г.В., Салищева О.В., Патшина М.В., Иванцова К.А. Оценка антиоксидантной активности экстракта порошка кожуры граната. **Patrakova I.S., Gurinovich G.V., Salishcheva O.V., Patshina M.V., Ivantsova K.A.** Evaluation of antioxidant activity of pomegranate peel powder extract. **253**

Писаренко А.В. Популяционный мониторинг генофондных пород крупного рогатого скота как основа сохранения биоразнообразия. Pisarenko A.V. Population monitoring of gene pool breeds of cattle as a basis for biodiversity conservation. **261**

Самсонова И.Д., Плахова А.А. Биоэкологические свойства медоносных растений семейства Umbelliferae и ресурсный потенциал угодий для медосбора. **Samsonova I.D., Plakhova A.A.** Bioecological properties of honey-bearing plants of the Umbrella family and resource potential land for honey collection. **271**

Смоловская О.В., Ульрих Е.В., Плешков В.А., Касьянов Р.О. Профилактика заболеваний конечностей крупного рогатого скота. **Smolovskaya O.V., Ulrich E.V., Pleshkov V.A., Kasyanov R.O.** Prevention of limb diseases in cattle. **280**

АГРОНОМИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-5-13
УДК 634.22:631

ЗНАЧЕНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СЛИВЫ В ОСТРОЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Т.И. Александрова, кандидат сельскохозяйственных наук

Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, с. Соленое Займище Астраханской обл., Россия

E-mail: t.i.matveeva@mail.ru

Ключевые слова: слива, сорт, удобрение, питание, растение, урожайность, фактор, почвенно-климатические условия.

Реферат. *Представлены многолетние данные по изучению сортов сливы домашней в интенсивном саду. Исследование проводилось с целью определения влияния листового питания на урожай и качество сливы. Учеты и наблюдения проводились в 2019–2021 гг. на участке орошаемого сада Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук, где закладывался опыт по выращиванию плодовых деревьев. Сад заложен в 2014 г. Схема посадки – 5,0 м × 2,0 м. Объектами исследований служили сорта сливы Кубанская ранняя, Ренклод Альтана, Бербанк, предметом исследования – комплексные удобрения Мастер, Акварин, Ультрамаг Бор, Ультрамаг Кальций. Исследования проводились на 6 типичных деревьях каждого сорта в трехкратной повторности. Экспериментальные данные обработаны с помощью метода дисперсионного анализа по Б.А.Доспехову. Учёты и наблюдения проводились в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Самая высокая урожайность отмечена у сорта сливы Бербанк – 12,1 т/га. Некорневая подкормка комплексным удобрением в варианте с применением препарата Акварин, Ультрамаг Бор совместно с Ультрамаг Кальций обеспечила максимальную среднюю прибавку урожая. Среди изучаемых сортов наибольшая масса и размер плода были выявлены у сорта Кубанская ранняя, которая составила 55,2 г в варианте с применением комплексных удобрений Акварин, Ультрамаг Бор совместно с Ультрамаг Кальций. Применение некорневых подкормок удобрениями с входящими в них макро- и микроэлементами позволяет регулировать качество плодоношения.*

THE IMPORTANCE OF FOLIAR FEEDING IN INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PLUM VARIETIES IN ACUTE ADRID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

T.I. Alexandrova, PhD in Agricultural Sciences

Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, p. Solenoye Zaimishche, Astrakhan region, Russia

E-mail: t.i.matveeva@mail.ru

Keywords: plum, variety, fertilizer, nutrition, plant, productivity, factor, soil, climatic conditions.

Abstract. *The article presents long-term data on studying domestic plum varieties in an intensive garden. The study was conducted to determine the effect of leaf nutrition on the yield and quality of plums. Counts and observations were carried out in 2019–2021 on the site of the irrigated garden of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. In this place, experience was laid in growing fruit trees. The garden was founded in 2014. The planting pattern is 5.0 m × 2.0 m. The research objects were the plum varieties Kubanskaya Spring, Renclad Altana, and Burbank; the study subjects were complex fertilizers Master, Aquarin, Ultramag Boron, and Ultramag Calcium. The studies were carried out on six typical trees of each variety in triplicate. The experimental data were processed using the variance analysis method according to B.A. Dospehov. The program and methodology for studying fruit, berry, and nut crops included accounts and observations. The highest yield was noted for the Burbank plum variety - 12.1 t/ha. Foliar feeding with complex fertilizer in the version using the drugs Aquarin, Ultramag Boron, and Ultramag Calcium provided the maximum average increase in yield. Among the studied varieties, the enormous weight and size of the fruit were found in the Kubanskaya*

Spring variety, which amounted to 55.2 g in the variant with the use of complex fertilizers Aquarin and Ultramag Bor together with Ultramag Calcium. Using foliar fertilizing with fertilizers containing macro- and microelements allows you to regulate fruiting quality.

Огромную роль в мировом садоводстве играют косточковые культуры, к которым относится и слива. Эта культура занимает одно из ведущих мест среди плодовых культур [1]. Высокоэффективные технологии выращивания различных сельскохозяйственных культур позволяют использовать регуляторы роста и некорневые подкормки водорастворимыми удобрениями нового поколения для активизации обмена веществ растений, а также снизить негативные последствия экстремальных погодных условий [2]. Нижнее Поволжье по своим природно-климатическим условиям является подходящей зоной для выращивания косточковых культур, особенно сливы. Сочетание благоприятных условий для выращивания этой культуры летом и неблагоприятных условий зимой делает необходимым создание и выращивание здесь сортов, сочетающих высокую продуктивность, качество плодов и адаптивность растений [3–5]. Астраханская область, относящаяся к территории Северного Прикаспия, служит благоприятным регионом для производства плодовой продукции, обладает большим агроэкологическим и социальным потенциалом. Наиболее перспективно создание в Астраханской области интенсивных насаждений сливы. Это особенно актуально для сухой зоны Северного Прикаспия, где почти каждый год в период вегетации, плодообразования и дифференциации плодовых почек наблюдаются недостаток осадков, повышенные температуры и, соответственно, сухость почвы и воздуха [6, 7]. Актуальность научного исследования обусловлена необходимостью подбора и изучения сортов сливы, адаптированных к засушливым условиям северной зоны Северного Прикаспия, а также совершенствования агрономических приемов выращивания на основе минерального питания в виде некорневых (листовых) подкормок.

Цель исследования – изучение влияния некорневой подкормки на урожайность и товарные качества плодов сливы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования послужили три сорта сливы, высаженных в 2014 г.: Кубанская ранняя, Ренклод Альтана, Бербанк, привитых на карликовый подвой ВВА–1.

Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов: сорт (фактор А) – Кубанская ранняя, Ренклод Альтана, Бербанк; препарат для листовой подкормки (фактор В) – без подкормки (обработка водой), Мастер, Акварин, Ультрамаг Бор + Ультрамаг Кальций, Акварин + Ультрамаг Бор + Ультрамаг Кальций.

Наблюдения и полевые исследования проведены на орошаемом участке фруктового сада ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище), по Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [8]. Статистическая обработка данных была проведена методом дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова. Подкормки проводили в утренние часы в безветренную погоду с использованием ранцевого опрыскивателя Cifarelli M. Некорневые подкормки проводились на фоне полного корневого минерального питания нитроаммофоской ($N_{16}P_{16}K_{16}$), которую вносили до распускания почек из расчета 60,0 кг/га в физической массе [8, 9]. Время проведения некорневой подкормки было приурочено к прохождению определенных фенологических фаз [9]. Некорневая подкормка препаратом Мастер нормой 5 кг/га проводилась перед цветением, через 10 дней после цветения, в период роста плодов. Универсальное удобрение для листовых подкормок с высоким содержанием аминокислот Акварин применялось нормой 2 л/га в фазы начала цветения, после цветения и на втором этапе развития плодов. Биостимулятор Ультрамаг Бор использовали нормой 1 л/га в начале цветения. Жидкое концентрированное бесхлорное удобрение с высоким содержанием кальция Ультрамаг Кальций нормой 3 л/га применяли после цветения и на втором этапе развития плодов [9, 10].

Мастер – это современное водорастворимое комплексное удобрение, содержащее хелатные микроудобрения. Мастер обеспечивает значительные преимущества для роста растений. Они растут быстрее благодаря прямому поглощению питательных веществ, а низкая минерализация в момент внесения удобрений обеспечивает равномерный рост (способ внесения водорастворимых удобрений либо пестицидов одновременно с осуществлением капельного орошения), раннее и высококачественное производство благодаря ускоренному росту растений и сбалансированному соотношению N : P : K; отсутствие хлороза благодаря магнию и микроэлементам; контроль плотности листьев и размера, формы и качества плодов. Главная особенность этого удобрения состоит в том, что большая часть азота находится в форме NH2, наиболее легкоусвояемой для поглощения листовой поверхности.

Акварин представляет собой сочетание макро- и микроэлементов, которое идеально подходит для подкормки растений при поливе или некорневой подкормке. Удобрение содержит микроэлементы в форме комплексных органических солей (хелатов).

Ультрамаг Бор – жидкое концентрированное водорастворимое удобрение для некорневых листовых подкормок и дополнительный источник бора. Содержит 11% бора в виде легкоусвояемого бороэтаноламина и 3,7% азота. Биостимулятор, применяется для улучшения процессов завязывания во время цветения и увеличения плодообразования. Основным преимуществом удобрения является увеличение количества завязей, стимулирование образования плодов и повышение качества урожая [9].

Ультрамаг Кальций – жидкий концентрированный комплекс кальция, усиленный сопутствующими макро– и микроэлеменами. Имеет такие преимущества, как повышение сочности и сахаристости плодов, предотвращение растрескивания мякоти плодов, улучшение сохранность продукции [10].

Почвы опытного участка – типичные для данной зоны, светло-каштановые, карбонатные, мощные и среднемощные, легкосуглинистые [11]. Почвообразующей породой является легкий суглинок, который с 85–100 см подстилается песком. Содержание частиц физической глины в пахотном слое – 21,2 %, наиболее активная фракция ила – 16,4% [11,12].

По данным агрохимического анализа, естественное плодородие почвы очень низкое. Толщина гумусового слоя 48–62 см. В пахотном слое содержание гумуса низкое – 0,92–1,05 %. Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором низкая, а обменным калием – повышенная [12] (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические и физические свойства почвы опытного участка
Agrochemical and physical properties of the soil of the experimental plot

Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см^3	pH водной суспензии	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг почвы			Валовые формы, %		
				N-NO_3	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
0–20	1,21	8,0	1,05	3,57	1,44	37,6	0,08	0,04	1,71
20–40	1,23	8,0	1,02	2,44	2,64	36,8	0,08	0,10	2,38
40–60	1,29	7,9	0,92	0,57	2,04	16,2	0,06	0,12	1,94
60–100	1,49	8,6	-	0,10	1,61	20,5	-		-

Почва на экспериментальном участке является незасоленной. Содержание наиболее опасных токсичных щелочных солей – 0,04–0,21 мг-экв/100 г почвы, в пределах допустимого диапазона. Опасные нейтральные соли и хлориды находятся в низком диапазоне – от 0,28 до 1,31 и от 0,04 до 0,25 мг-экв/100 г почвы соответственно. Реакция почвы – средняя или высокая щелочность (pH 7,9–8,6). Уровень грунтовых вод ниже 3,5 м. Климат в районе исследований чрезвычайно сухой и резко-континентальный с жарким сухим летом, холодной и снежной зимой, большими годовыми и летними суточными колебаниями, малым количеством осадков и высоким уровнем испарения (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика температурного режима периода вегетации сортов сливы
Characteristics of the temperature regime during the growing season of plum varieties

Год исследований	Сумма активных температур за период вегетации, °С	Сумма температур летних месяцев, °С	Максимальная температура, °С	Сумма осадков за вегетационный период, мм	Сумма осадков летних месяцев, мм	ГТК	Характер лета
2019	3001,4	2345,1	39,1	147,6	34,9	0,29	Сухое
2020	2936,9	2332,7	40,4	73,6	28,7	0,17	Сухое
2021	3181,5	2360,3	39,8	196,5	50,4	0,32	Сухое
Среднее	3039,8	2346,0	39,3	139,2	37,9	0,26	-

Годы проведения исследований характеризовались своими особенностями. В период цветения и образования завязи большой ущерб плодовым деревьям наносят возвратные заморозки [13], которые отмечали дважды: в апреле 2019 г. и марте 2020 г., температура воздуха достигала -5…-6 °С, но подмерзания цветковых почек отмечено не было. За период с апреля по октябрь включительно была подсчитана сумма активных температур воздуха выше 10 ºС (табл. 3).

Таблица 3

Сумма активных температур воздуха выше 10 ºС
The sum of active air temperatures above 10 ºС

Месяц	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Апрель	207,9	298,6	209,6	238,7
Май	569,4	561,9	514,9	548,7
Июнь	792,0	706,7	634,0	710,9
Июль	797,8	804,5	817,1	806,5
Август	742,2	843,2	823,2	802,9
Сентябрь	614,4	478,0	545,4	546,0
Октябрь	115,2	151,8	157,4	141,5
Сумма с апреля по октябрь	3838,9	3844,7	3701,6	3795,2

За время изучения самыми обеспеченными теплом были июль и август: от 797,8 ºС в 2019 г. до 817,1 ºС в 2021 г. в июле и от 742,2 ºС в 2019 г. до 843,2 ºС в 2020 г. в августе. Сумма активных температур с апреля по октябрь в 2019 г. составила очень высокие значения –3838,9 ºС. В 2021 г. она снизилась до 3701,6 ºС. В среднем за 3 года сумма активных температур выше 10 ºС в июле была также наивысшей – 806,5 ºС. В 2020 г. выпало максимальное количество летних осадков – 217,0 мм. Наименьшая сумма осадков зафиксирована в 2021 г – 173,3 мм (табл. 4).

Таблица 4

Среднемесячная сумма осадков за вегетационный период, мм
Average monthly precipitation during the growing season, mm

Месяц	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
1	2	3	4	5
Апрель	48,8	22,5	32,7	34,6
Май	18,4	67,8	45,8	44,0
Июнь	23,0	8,6	16,5	16,0

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
Июль	27,6	62,4	8,7	32,9
Август	21,0	10,3	12,1	14,5
Сентябрь	26,9	26,7	18,3	24,0
Октябрь	13,9	18,7	39,2	23,9
Сумма с апреля по октябрь	179,6	217,0	173,3	190,0

В среднем за 2019–2021 гг., наибольшее количество осадков (44,0 мм) выпало в мае, наименьшее – в августе (14,5 мм) и июне (16,0 мм), а в среднем за вегетацию – 190,0 мм [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за годы исследований применение некорневых подкормок способствовало увеличению урожайности сортов сливы. В варианте с применением комплексных удобрений Акварин, Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций наибольшее влияние на увеличение урожайности было отмечено у сорта Кубанская ранняя – 78,8 %, в то время как по остальным вариантам у этого сорта урожайность не превышала 43,7 %. Высокий положительный эффект по использованию некорневых листовых подкормок отмечен также у сорта Ренклод Альтана – 50,0 % (табл. 5).

Таблица 5

Влияние некорневых обработок на урожайность сортов сливы
The influence of foliar treatments on the yield of plum varieties

Вариант	Урожайность т/га				Средняя урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Сумма урожая за 3 года		т/га	%
1	2	3	4	5	6	7	8
Кубанская ранняя							
Контроль (обработка водой)	6,6	6,9	7,8	21,3	7,1	–	–
Мастер	8,3	8,8	9,6	26,7	8,9	1,8	25,3
Акварин	9,6	9,9	10,6	30,1	10,2	3,1	43,7
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	8,1	8,7	9,2	26,1	8,7	0,6	8,5
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	12,4	13,2	12,6	38,2	12,7	5,6	78,8
Среднее	9,0	9,5	10,0	28,5	9,5	-	-
Ренклод Альтана							
Контроль (обработка водой)	8,7	9,5	8,8	27,0	9,0	–	–
Мастер	9,8	10,5	10,6	30,9	10,3	1,3	14,4
Акварин	12,2	12,7	12,8	37,8	12,6	3,6	40,0
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	8,9	10,2	11,4	30,5	10,2	1,2	13,3
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	12,4	13,8	14,3	40,5	13,5	4,5	50,0
Среднее	10,4	11,3	11,6	33,3	11,1	-	-

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8
Бербанк							
Контроль (обработка водой)	8,5	9,6	9,8	27,9	9,3	–	–
Мастер	9,9	13,4	13,8	37,1	12,4	3,1	33,3
Акварин	12,1	13,6	14,0	39,7	13,2	3,9	42,0
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	12,3	13,2	14,4	39,9	13,3	4,0	43,0
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	9,8	13,7	14,3	37,8	12,6	3,3	35,5
Среднее	10,5	12,7	13,2	36,5	12,1	-	-
Среднее							
Контроль (обработка водой)	7,9	6,7	8,8	25,4	8,5	-	-
Мастер	9,3	10,9	11,3	31,5	10,5	2,0	23,5
Акварин	11,3	12,1	12,5	35,8	11,9	3,4	40,0
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	9,8	10,7	11,7	32,2	10,7	2,2	25,9
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	11,5	13,6	13,7	38,8	12,9	4,4	51,7
Среднее	10,0	10,8	11,6	32,7	10,9	-	-
$НСР_{05}$ A $НСР_{05}$ B $НСР_{05}$ AB					0,5 0,4 0,6		

В среднем за три года исследований преимущество по урожайности имели сорта Бербанк (12,1 т/га) и Ренклод Альтана (11,1 т/га). Действие некорневых подкормок в среднем по сортам отразилось в получении значимой прибавки урожайности в вариантах с обработкой препаратами Акварин + Ультрамаг Бор + Ультрамаг Кальций (12,9 т/га), а также Акварин в чистом виде (11,9 т/га) по сравнению с контролем (8,5 т/га). Минимальная прибавка урожая наблюдалась в варианте с применением препарата Мастер, которая в среднем по сортам составила 2,0 т/га (23,5 %) при урожайности 10,4 т/га.

В пределах определенных сортов сливы наибольшее влияние на урожайность плодов отмечено у сорта Кубанская ранняя в варианте с применением препаратов Акварин + Ультрамаг Бор + Ультрамаг Кальций – дополнительный сбор плодов относительно контроля составил 5,6 т/га, или 78,8 %, тогда как в варианте с применением препарата Мастер – 1,8 т/га, или 25,3%, в варианте с использованием Акварина – 3,1 т/га, или 43,7 %, а в варианте с применением удобрений Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций – 0,6 т/га, или 22,5%.

На всех сортах наибольший рост урожайности отмечали в вариантах с применением препарата Акварин, а также Акварина совместно с Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций. Бор выступает одним из основных микроэлементов, участвующих в процессах цветения, завязи и образования плодов. Кальций влияет на качество плодов и урожайность [15,16].

Повышение урожайности в основном определяется увеличением массы плода [16] , а данные трехлетних исследований показывают, что некорневое внесение удобрений положительно влияет на товарность плодов сливы, т.е. на увеличение средней массы плодов. Самые крупные плоды сформировались при обработке препаратами Акварин, Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций – в среднем по сортам 51,5 г. Несколько меньшая масса плода сортов отмечена в вариантах с применением Акварина (50,0 г) и препаратов Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций (50,1 г) (табл. 6).

Таблица 6

Товарные качества плодов сливы в зависимости от некорневых подкормок (среднее за 2019–2021 гг.)
Commercial qualities of plum fruits depending on foliar feeding (average for 2019–2021)

Вариант	Средняя масса плода, г	Прибавка к контролю, г	Высота плода, см	Средний диаметр плода, см
Кубанская ранняя				
Контроль	53,2	-	5,0	4,7
Мастер	53,7	0,5	5,2	4,8
Акварин	54,0	0,8	5,3	4,9
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	54,3	1,1	5,0	4,8
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	55,2	2,0	5,2	5,0
Среднее	54,1	-	5,1	4,8
Ренклод Альтана				
Контроль	40,3	-	4,0	4,1
Мастер	41,7	1,4	4,3	4,3
Акварин	43,0	2,7	4,5	4,4
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	42,6	2,3	4,6	4,6
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	45,2	4,9	4,5	4,4
Среднее	42,6	-	4,3	4,4
Бербанк				
Контроль	52,6	-	4,7	4,8
Мастер	53,0	0,4	5,2	5,6
Акварин	52,9	0,3	5,3	5,1
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	53,4	0,8	5,2	5,7
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	54,1	1,5	5,4	5,7
Среднее	53,2	-	5,2	5,4
Среднее				
Контроль	48,7	-	4,6	4,5
Мастер	49,5	0,8	4,9	4,9
Акварин	50,0	1,3	5,0	4,8
Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	50,1	1,4	4,9	5,0
Акварин+ Ультрамаг Бор +Ультрамаг Кальций	51,5	2,8	5,0	5,0
Среднее	50,0	1,3	4,9	4,8
$НСР_{05}$A $НСР_{05}$B $НСР_{05}$AB	1,1 1,3 0,7			

При $НСР_{05}$ =1,1 г среди сортов преимущество отмечено у сорта Кубанская ранняя, средняя масса плода которого составила 54,1 г, у остальных сортов величина этого показателя равнялась 42,5–53,2 г.

В результате трехлетних исследований установлено, что применение макро- и микроудобрений, входящих в состав препаратов Акварин, Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций, выступает важным приемом, улучшающим товарные качества плодов сливы. С использованием некорневых подкормок макро- и микроэлементами возможно регулировать плодоношение и качество плодов [4]. Исследуемые препараты оказывают положительное влияние на массу, размер и вкусовые качества плодов.

ВЫВОДЫ

1. Некорневые подкормки сортов сливы препаратами Акварин, Ультрамаг Бор и Ультрамаг Кальций выступают важным фактором, способствующим увеличению урожайности в среднем по сортам на 4,4 т/га, или на 51,7 %, а также массы плодов на 2,8 г, или на 5,7 %, по отношению к контролю без применения препаратов.

2. Некорневые подкормки улучшают товарные качества плодов сливы и оказывают положительное влияние на вкусовые качества плодов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Особенности* роста и развития различных сортов сливы на клоновом подвое Эврика 99 / Е.Н. Иваненко, Л.В. Попова, Т.В. Меншутина, О.С. Суховетченко // Нива Поволжья. – 2018. – № 3 (48). – С. 15–20.
2. *Влияние* азотных и калийных удобрений на запасы азота и калия в почве вишневого сада и продуктивность деревьев / Т.А. Роева, Е.В. Леоничева, Л.И. Леонтьева, М.Е. Столяров // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 12. – С. 54–62. – DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-54-62.
3. *Тютюма Н.В., Меншутина Т.В.* Перспективы развития интенсивного садоводства в Астраханской области: монография. – Волгоград: Сфера, 2022. – 176 с.
4. *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. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10208.
5. *Солонкин А.В., Зволинский В.П., Александрова Т.И.* Производственная эффективность выращивания сортов сливы в аридных условиях Астраханской области // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 2. – С. 48–55.
6. *Зволинский, В.П., Александрова Т.И.* Биологические особенности сорто-подвойных комбинаций сливы в аридных условиях Северного Прикаспия // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 7. – С. 20–25. – DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2020i7pp20-25.
7. *Голубев А.М.* Научно-методические подходы в создании генофонда косточковых культур // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 7. – С. 38–46.
8. *Программа* и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во ВНИИ селекции плодовых культур, 1999. – С. 46–47.
9. *Morandi B., Manfrini L., Lugli S.* Sweet cherry water relations and fruit production efficiency are affected by rootstock vigor // Journal of Plant Physiology. – 2019. – P. 43–50.
10. *Родюкова О.С., Жидехина Т.В., Брыксин Д.М.* Генетические коллекции ягодных культур и их роль в совершенствовании сортимента // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 7. – С. 10–16.
11. *Du Jardin P., Xu L., Geelen D.* Agricultural functions and action mechanisms ofplant biostimulants (PBs):1st ed.; Geelen, D., Xu, L., Eds.; John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, West Sussex, UK, 2020. – P. 3–30.
12. *Муханин И.В.* Основные требования к посадочному материалу для закладки шпалерно-карликовых садов // Вестник Казанского ГАУ. – 2011. – Т. 6, № 3 (21). – С. 150–153.
13. *Упадышева Г.Ю.* Влияние физиологически активных веществ и агротехнических приемов на ветвление однолетних саженцев черешни // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 7. – С. 1–7.
14. *Дубенок Н.Н.* Формирование саженцев сливы при капельном орошении в условиях Нечерноземной зоны // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 6. – С. 23–35.
15. *Филин В.И., Балашихина В.И.* Эффективность удобрений в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 72–80.
16. *Гусейнова Б.М., Даудова Т.И.* Влияние сортовых особенностей и природных факторов зон выращивания абрикосов на биохимический комплекс плодов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 48 (3). – С. 7–16. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-7-16.

REFERENCES

1. Ivanenko E.N., Popova L.V., Menshutina T.V., Sukhovetchenko O.S., *Niva Povolzh'ja*, 2018, No. 3 (48), pp. 15–20. (In Russ.)
2. Roeva T.A. Leonicheva E.S. Leontieva L.I. Stolyarov M.Or., *Vestnik KrasGAU*, 2020, No. 12, C. 54–62, DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-54-62. (In Russ.)
3. Tyutuma N.S., Menshutina T.S., *Perspektivy razvitija intensivnogo sadovodstva v Astrahanskoj oblasti* (Prospects for the development of intensive gardening in the Astrakhan region), Volgograd, LLC "Sphere", 2022, 176 p.
4. Kolereleva Z.Or., Krasova N.D. Galasheva A.M., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2019, Vol. 33, No. 2, pp. 31–33, DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10208. (In Russ.)
5. Solonkin A.S. Zvolinsky V.P. Alexandrova T.I., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2021, No. 2, pp. 48–55. (In Russ.)
6. Zvolinsky V.P., Alexandrova T.I., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2020, No. 7, pp. 20–25, DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2020i7pp20-25. (In Russ.)
7. Golubev A.M., *Vestnik KrasGAU*, 2020, No. 7, pp. 38–46. (In Russ.)
8. *Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur* (Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops), under the general editorship of Academician RASKHN E.N. Sedov, Doctor of Agricultural Sciences T.P. Ogoltsova, Orel: Izd-vo VNII selekcii plodovyh kul'tur, 1999, pp. 46–47.
9. Morandi B., Manfrini L., Lugli S., Sweet cherry water relations and fruit production efficiency are affected by rootstock vigor, *Journal of Plant Physiology*, 2019, pp. 43–50.
10. Rodyukova O.S., Zhidekhina T.S. Bryksin D.M., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2021, Vol. 35, No. 7, pp. 10–16. (In Russ.)
11. Du Jardin P., Xu L., Geelen D., Agricultural functions and action mechanisms ofplant biostimulants (PBs): 1st ed.; Geelen D., Xu L., Eds.; John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, West Sussex, UK, 2020, pp. 3–30.
12. Mukhanin I.S., *Vestnik Kazanskogo GAU,* 2011, Vol. 6, No. 3 (21), pp. 150–153. (In Russ.)
13. Upadysheva G.Yu., *Vestnik KrasGAU*, 2022, No. 7, pp. 1–7. (In Russ.)
14. Dubenok N.N., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii,* 2019, No. 6, pp. 23–35. (In Russ.)
15. Filin V.I., Balashikha V.I., *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee obrazovanie*, 2019, No. 1 (53), pp. 72–80. (In Russ.)
16. Huseynova B.M., Daudova T.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet),* 2018, No. 48 (3), pp. 7–16, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-7-16. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-14-24
УДК 633.854.54

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ЛЬНА КАК ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

[1]**Д.В. Бочкарев,** доктор сельскохозяйственных наук

[1]**А.В. Столяров,** кандидат технических наук

[1]**А.Н. Никольский,** кандидат сельскохозяйственных наук

[2]**Г.Н. Кузнецова,** кандидат сельскохозяйственных наук

[1]**В.Д. Бочкарев,** магистрант

[1]**А.Г. Вишняков,** магистрант

[1]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия

[2]Сибирская опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Исилькуль, Россия

E-mail: cabto@mail.ru

***Ключевые слова*:** лен масличный, защита посевов, засоренность, динамика таксономической структуры, сорный компонент.

Реферат. *Проведенный системный мониторинг засоренности посевов льна по периодам различной антропогенной нагрузки выявил, что при системной обработке почвы сохой в условиях экстенсивного земледелия в структуре сорного сообщества было обнаружено 65 видов при средней численности 125 шт/м². Наибольшей плотностью в этот период характеризовались Chenopodium album L., Spergula arvensis L., Camelina alyssum (Mill.) Thell. Из многолетних значительное распространение имели Elytrigia repens (L.) Nevski, Sonchus arvensis L. Усиление уровня антропогенной нагрузки во второй половине 30-х гг. XX в. привело к снижению засоренности посевов льна до 86 шт/м². При этом освоение залежных земель и межей способствовало некоторому расширению видового состава сорной растительности за счет появления на пашне лесных и луговых видов. Наиболее обременительными в данный период были Spergula arvensis L., Spergularia rubra (L.) J. Presl & C. Presl, Polygonum spp., Amaranthus retroflexus L., Equisetum arvense L., Cirsium setosum (Willd.) Besser, Linaria vulgaris Mill., Taraxacum officinale F.H. Wigg. В современных условиях наряду с фактором почвообработки большую роль сыграло многолетнее применение гербицидов из группы 2,4–Д и их производных на посевах доминирующих зерновых культур. Это способствовало изменению видового состава. Всего в посевах льна выявлено 73 вида. В среднем на единице площади насчитывалось до 62 сорняков. Наибольшую плотность популяции имели устойчивые к 2,4-Д виды – Galium aparine L., Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip., Fallopia convolvulus (L.) Á. Löve, Galeopsis spp., из многолетних сегетальных видов – устойчивые к глифосатам Convolvulus arvensis L., Equisetum arvense L. Анализ полученных результатов методом непараметрической статистики подтверждает, что технология возделывания льна в XX – первой четверти XXI в. оказывает доминирующее влияние как на видовой спектр, так и на плотность популяции отдельных видов сорных растений.*

LONG-TERM MONITORING OF WEED CONTAMINATION IN FLAX CROPS AS A BASIS FOR DEVELOPING AN EFFECTIVE PROTECTION SYSTEM

[1]**D.V. Bochkarev**, Doctor of Agricultural Sciences

[1]**A.V. Stolyarov**, PhD in Technical Sciences

[1]**A.N. Nikolsky**, PhD in Agricultural Sciences

[2]**G.N. Kuznetsova**, PhD in Agricultural Sciences

[1]**V.D. Bochkarev**, Master's student

[1]**A.G. Vishnyakov**, Master's student

[1]National Research Mordovian State University named after. N.P. Ogareva, Saransk, Russia

[2]Siberian Experimental Station - branch of the Federal State Budgetary Institution FSC VNIIMK, Isilkul, Russia

E-mail: cabto@mail.ru

Keywords: oil flax, crop protection, weed infestation, dynamics of taxonomic structure, weed component.

Abstract. *The conducted systematic monitoring of weed infestation in flax crops over periods of different anthropogenic loads revealed that during systematic soil cultivation with plows under conditions of extensive farming, 65 species of crop weeds were found in the structure of the weed community with an average number of 125 pcs/m2. The highest density during this period was characterized by Chenopodium album L., Spergula arvensis L., Camelina alyssum (Mill.) Thell. Of the perennials, Elytrigia repens (L.) Nevski and Sonchus arvensis L. were widespread. The level of anthropogenic load increased in the second half of the 30s. XX century led to a decrease in the weediness of flax crops to 86 pcs/m2. At the same time, the development of fallow lands and boundaries contributed to a slight expansion of the species composition of weeds due to the appearance of forest and meadow species on arable land. During this period, the most burdensome weed species were Spergula arvensis L. and Spergularia rubra (L.) J. Presl & C. Presl, Polygonum spp., Amaranthus retroflexus L., Equisetum arvense L., Cirsium setosum (Willd.) Besser , Linaria vulgaris Mill., Taraxacum officinale F.H. Wigg. In modern conditions, along with the soil cultivation factor, the long-term use of herbicides from the 2,4-D group and their derivatives on the crops of dominant grain crops has played a significant role. This contributed to a change in species composition. A total of 73 species were identified in flax crops. On average, there were up to 62 weeds per unit area. The species resistant to 2,4-D had the highest population density: Galium aparine L., Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip., Fallopia convolvulus (L.) Á. Löve, Galeopsis spp., from perennial segetal species - glyphosate-resistant Convolvulus arvensis L., Equisetum arvense L. Analysis of the results obtained using nonparametric statistics confirm that the technology of flax cultivation in the 20th century and the first quarter of the 21st century. Has a dominant influence on the species spectrum and the population density of individual weed species.*

Системный мониторинг является важнейшим элементом защиты посевов от вредоносных объектов. В силу различной эдификаторной роли культурных растений, комплекса технологических приемов, реализуемых при возделывании, видовой спектр и плотность сорных растений в агрофитоценозах сильно дифференцированы по регионам страны [1–3].

Площади посева льна масличного в РФ с 2001 г. увеличились более чем в 100 раз и в 2022 г. составили более 60 тыс. га [4].

В последние годы сельскохозяйственные предприятия Мордовии перешли к возделыванию льна культурного (Linum usitatissimum L.) – ценной технической культуры. В его семенах содержится до 50% жира, применяемого как для питания, так и технических целей, 30% белка, что позволяет получать качественный шрот, используемый в животноводстве [5]. Лен является одной из самых скороспелых масличных культур и может быть ценным предшественником даже для озимых зерновых. Значительный выход и универсальность использования повышают спрос на маслосемена. До 90% собранной продукции реализуется за границей, по этому показателю Россия занимает второе место в мире после Казахстана [6, 7].

Лен масличный в силу габитуса не может полностью подавлять сорные растения в агрофитоценозе, что делает систему контроля сорняков неотъемлемым элементом при его возделывании.

Для разработки эффективной системы защиты льна необходимо иметь полное представление о таксономической структуре сегетальной части его агроценозов. Кроме того, в перспективе, в силу резкого увеличения доли агроценозов (на сегодняшний день 35% поверхности суши) и снижения площади естественных растительных сообществ, во многом биосферные функции частично или полностью возьмут на себя растительные сообщества, созданные или глубоко преобразованные человеком, что требует знания их биологических и систематических особенностей [8–10].

Целью данной работы было изучение особенностей формирования видового состава сегетальных растений посевов льна культурного при изменении уровня агротехники в XX – первой четверти XXI в.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом научного исследования был комплекс сорных растений в посевах льна, предметом – динамика таксономической структуры.

Исследования были проведены на территории Республики Мордовия. Для характеристики видового спектра сорных растений в посевах льна были использованы результаты геоботанических отчетов, выполненных в периоды с различным уровнем технической вооруженности сельскохозяйственного производства. Первый тур мониторинга был осуществлен в 1931–1932 гг. под руководством видного русско-

го ботаника И.И. Спрыгина. В данный период преобладало экстенсивное сошное земледелие (до 92% площади) с мелкой обработкой почвы и бессистемным чередованием культур, отсутствовала механическая очистка семенного материала [11, 12]. Второй этап учета засоренности представлен по материалам обследований П.К. Кузьмина, проведенных в 1936–1938 гг. За короткий срок произошло резкое усиление интенсификации земледелия. На 90% посевных площадей в качестве основной обработки проводилась культурная вспашка, посев культур на 80% выполнялся с использованием сеялок, 100% семян подвергалось механической очистке.

В 2020–2022 гг. были выполнены собственные мониторинговые исследования агрофитоценозов льна количественным методом с использованием двух типов учетных площадок размером 0,25 м^2 для малолетних видов и 3 м^2 для многолетних. Всего было описано порядка 350 площадок, расположенных в шахматном порядке. Для более полного определения видового спектра провели маршрутно–визуальные обследования по траектории крутой дуги начиная с края поля, далее вглубь при равномерном распределении не менее 20 стаций по всему маршруту на площади порядка 2 тыс. га [13, 14].

В годы обследований ГТК изменялся от 0,75 до 1,1, что типично для зоны неустойчивого увлажнения. Почвы обследованных участков: чернозем выщелоченный и оподзоленный, темно-серые и серые лесные тяжело- и среднесуглинистого гранулометрического состава – являются доминирующими в регионе [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ таксономической структуры сорного компонента при многовековом стабильном уровне антропогенного воздействия на агрофитоценозы выявил 65 видов, относящихся к 52 родам и 25 семействам. Распределение видов по семействам носило дифференцированный характер. На долю семейств Asteraceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Lamiaceae и Poaceae приходилось 60 % (39 видов). Остальные определенные в этот период семейства в совокупности были представлены 26 видами (40%). Все они имели минимальную видовую насыщенность – 1-3 вида.

Следуя важнейшему экологическому принципу «плавности изменения среды», чем стабильнее условия в биотопе, тем дольше он остается неизменным. Резкое изменения характера и уровня землепользования во второй половине 30–х гг. XX в., распашка значительного числа межей и залежей, поступление семенного материала из других регионов способствовало росту видовой насыщенности сорного сообщества посевов льна. Всего было выявлено 95 видов сегетальных растений из 73 родов и 26 семейств (табл. 1). Ядро сорной флоры формировалось ограниченным числом семейств. Доля Asteraceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Lamiaceae, Poaceae и Polygonaceae составляла 72% (68 видов). На 20 других выявленных в данный период семейств приходилось 28 %, или 27 видов сорняков.

В связи с увеличением потребности в маслосеменах льна на мировом и внутреннем рынке интерес к культуре возрос после более чем полувекового перерыва, и его посевы стали занимать все большие площади.

В современных условиях таксономическая структура сорного компонента включает 73 вида, относящихся к 61 роду и 24 семействам.

По сравнению с предыдущими турами обследований расширился спектр Asteraceae, Violaceae и Fabaceae. Значительно сократилось (до 1 представителя) видовое богатство Boraginaceae, выпали Hypericaceae, Liliaceae, Apiaceae, Cannabaceae, появились не отмечавшиеся ранее Solanaceae.

За три представленных тура исследований в посевах льна было определено 127 видов сегетальных растений из двух отделов – Angiosperma (126) и Equisetophyta (1). При характеристике покрытосеменных очень важно распределение их по классам по причине разной чувствительности к действующим веществам гербицидов. Класс Monocotyledones (семейства Poaceae и Liliaceae) включал 10 родов, 14 видов; класс Dicotyledones – 27 семейств 88 родов и 112 видов, при этом 76 % всех выявленных видов растений приходилось всего на 7 семейств. Подобная таксономическая структура свойственна агрофитоценозам, формирующимся в экстремальных условиях систематического антропогенного воздействия, приводящего растительное сообщество к нулевой стадии восстановительной сукцессии.

Таблица 1

Число видов ведущих семейств сорных растений в формировании состава сорной растительности посевов льна по периодам земледелия с разным уровнем антропогенного воздействия
The number of species of leading families of weeds in the formation of the composition of weeds in flax crops according to periods of agriculture with different levels of anthropogenic impact

Семейство	1931 – 1932 гг.	1936 – 1938 гг.	2020 – 2022 гг.
Отдел Equisetophyta			
Equisetaceae Michx.	1	1	1
Отдел Angiospermae (Magnoliophyta)			
Класс Monocotyledones (Liliopsida)			
Poaceae Barnhart	5	12	7
Liliaceae Juss.		1	
Класс Dicotyledones (Magnoliopsida			
Cannabaceae Martynov	1		
Polygonaceae Juss.	2	6	4
Chenopodiaceae Burnett	1	1	1
Amaranthaceae Juss.	1	2	1
Caryophyllaceae Juss.	5	12	2
Ranunculaceae Juss.	1	3	2
Fumariaceae Eaton	1	1	1
Brassicaceae Burnett	7	10	10
Rosaceae Juss.	1	1	2
Fabaceae Lindl.	3	3	5
Geraniaceae Juss.	1		1
Euphorbiaceae Juss.	1	1	1
Malvaceae Juss.	1	1	1
Hypericaceae Juss.		1	
Violaceae Batsch	1	1	2
Onagraceae Juss.		1	
Apiaceae Lindl.	3	3	
Convolvulaceae Juss.	1	1	1
Cuscutaceae L.		2	
Boraginaceae Juss.	2	4	1
Lamiaceae Martynov	7	7	6
Solanaceae Juss.			1
Scrophulariaceae Juss.	1	1	1
Plantaginaceae Juss.	1	2	1
Rubiaceae Juss.	1	1	1
Dipsacaceae Eaton	1		1
Asteraceae Bercht. & J.Presl	15	17	19

Для разработки эффективного комплекса мероприятий по сдерживанию развития сорных растений в посевах льна помимо систематической структуры необходимо представление

о численности как основе порогов вредоносности.

В условиях экстенсивного земледелия при количественных определениях фиксировались в учетных рамках представители только 14 семейств при среднем обилии 125 растений на 1 м^2. К классу Monocotyledones относилось 22% видов, Dicotyledones – 78%. Наибольшую плотность популяций имели Asteraceae (24%) и Poaceae (22%) от всех подчитываемых. На долю Brassicaceae и Caryophyllaceae приходилось 11 и 12 % соответственно, Chenopodiaceae, Lamiaceae и Convolvulaceae – от 5 до 6 %.

Во второй половине 30–х гг XX в. при проведении количественных учетов было установлено снижение числа особей до 86 шт/м^2 (табл. 2). Культурная вспашка и резкое уменьшение плотности популяции *Elytrigia repens* (L.) Nevski снизило долю участия видов семейства Poaceae до 12 %. Аналогичная закономерность произошла с представителями семейств класса Dicotyledones. Численность видов семейства Asteraceae на единице площади снизилась на 60 %, Lamiaceae – на 50, Brassicaceae – на 57, Convolvulaceae – на 67 %. Глубокая обработка почвы способствовала снижению конкуренции со стороны многолетних сорных растений и, как следствие, увеличению плотности популяции типичных сегетальных сорняков из семейств Amaranthaceae в 5 раз (*Amaranthus retroflexus* L.), Chenopodiaceae – на 42 % (*Chenopodium album* L.). При количественных учетах- зафиксированы отсутствующие в прошлом виды семейства Polygonaceae (*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Persicaria scabra* (Moench) Moldenke и др).

Таблица 2

Число сорных растений ведущих семейств в посевах льна по периодам земледелия с разным уровнем антропогенного воздействия, шт/м^2

Number of weed plants of leading families in flax crops by farming periods with different levels of anthropogenic impact, pcs/m^2

Семейство	1931 – 1932 гг.	1936 – 1938 гг.	2020 – 2022 гг.
1	2	3	4
Отдел Equisetophyta			
Equisetaceae Michx.	1	1	1
Отдел Angiospermae (Magnoliophyta)			
Класс Monocotyledones (Liliopsida)			
Poaceae Barnhart	28	10	14
Класс Dicotyledones (Magnoliopsida			
Polygonaceae Juss.		8	8
Chenopodiaceae Burnett	7	10	2
Amaranthaceae Juss.	1	6	1
Caryophyllaceae Juss.	15	15	1
Fumariaceae Eaton	4		2
Brassicaceae Burnett	14	6	3
Fabaceae Lindl.		1	
Geraniaceae Juss.			1
Euphorbiaceae Juss.	1		
Malvaceae Juss.			1
Violaceae Batsch	5		1
Apiaceae Lindl.	2		
Convolvulaceae Juss.	6	2	6
Boraginaceae Juss.	1		

Окончание табл.2

1	2	3	4
Lamiaceae Martynov	8	4	4
Scrophulariaceae Juss.		6	1
Rubiaceae Juss.			10
Dipsacaceae Eaton	1		1
Asteraceae Bercht. & J.Presl	30	12	6

Систематический мониторинг засоренности посевов льна в современных условиях выявил наименьшую численность сорных растений за все исследуемые периоды (62 шт/м^2). Изменилось и долевое участие представителей семейств в ее формировании. Уменьшилось количество обильных в прошлом видов семейства Asteraceae до 10 %. Количество видов семейств Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae и Chenopodiaceae составляло от 2 до 5%. Возросло количество представителей Poaceae – до 23%, Polygonaceae – до 12, Lamiaceae – до 6%. Стабильное положение в агрофитоценозах занимали семейства Convolvulaceae и Equisetaceae. В посевах впервые за все туры наблюдений в области выявлены виды семейства Rubiaceae – 16% от количества растений на единице площади.

Эффективная система защиты льна невозможна без выделения видов, составляющих ядро сорной растительности. При количественных учетах в условиях экстенсивного земледелия фиксировалось всего 24 вида (37 % от всех выявленных). Наибольшую плотность имели корневищные и корнеотпрысковые виды с поверхностной корневой системой – *Elytrigia repens* (L.) Nevski и *Sonchus arvensis* L. (33%), развитие популяций которых во многом стимулировала мелкая обработка почвы сохой (рис. 1–3).

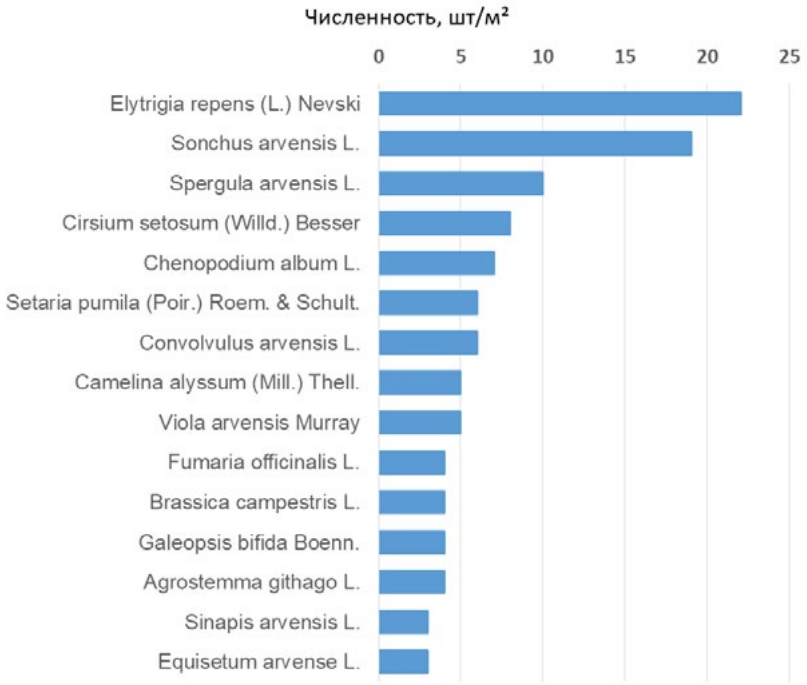


Рис. 1. Численность основных видов сорных растений в 1929–1932 гг.
Number of main species of weeds in 1929–1932.

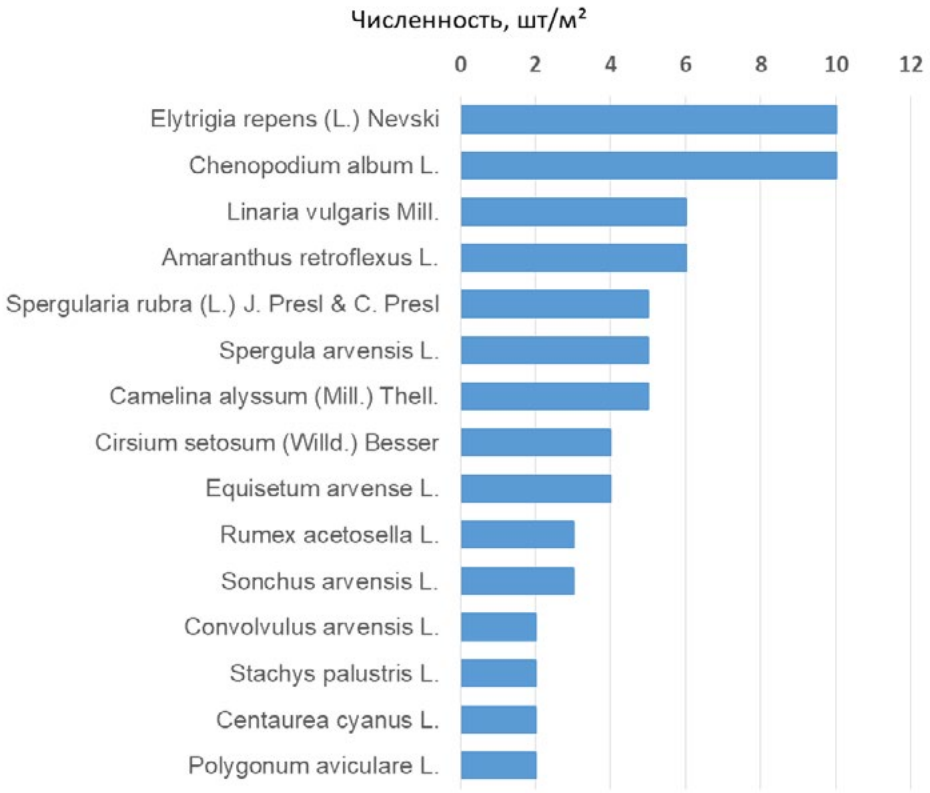


Рис. 2. Численность основных видов сорных растений в 1936 г.
Number of main weed species in 1936.

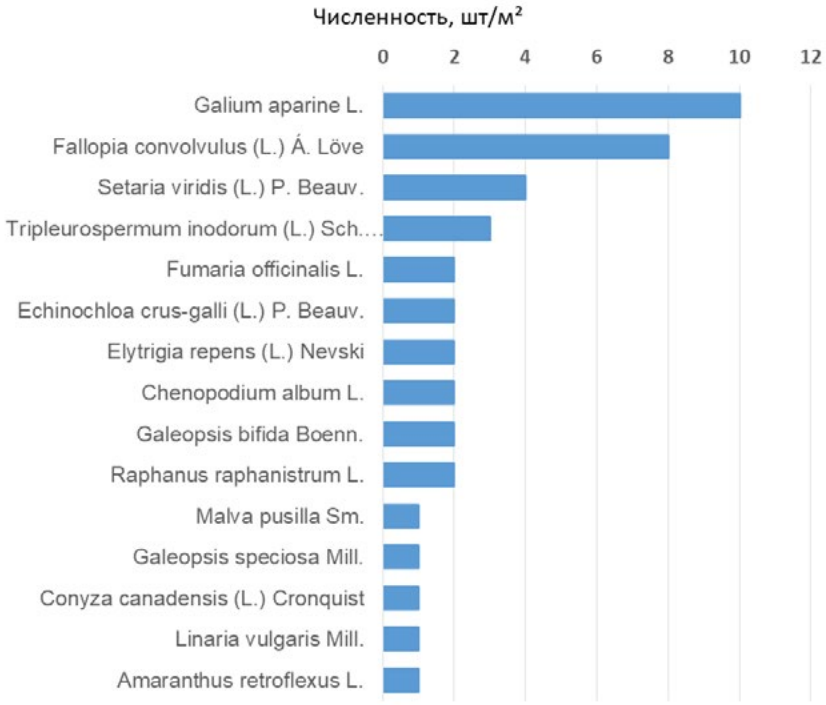


Рис. 3. Численность основных сорных видов сорных растений в 2021–2022 гг.
Number of main weed species in 2021–2022.

Отсутствие механической очистки семян способствовало развитию малолетних спейрохорных и типичных сегетальных видов (28%) *Spergula arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Agrostemma githago* L., *Viola arvensis* Murray, *Brassica campestris* L. и специализированного сорняка льна *Camelina alyssum* (Mill.) Thell. Значительной была доля многолетних космополитных видов (*Cirsium setosum* (Willd.) Besser, *Convolvulus arvensis* L., *Equisetum arvense* L.) – 16%.

В условиях начала интенсификация земледелия при количественных учетах фиксировались только 23 вида (24 % выявленных в посевах). Изменилось и ядро сорного ценоза. Численность корнеотпрыскового вида *Sonchus arvensis* L. сократилась более чем 6 раз, *Convolvulus arvensis* L. – в 3 раза, *Cirsium setosum* (Willd.) – в 2 раза. Плотность популяции *Elytrigia repens* (L.) Nevski уменьшилась на 55%. Распашка залежных земель, межей, занимавших значительную долю в структуре землепользования при единоличном хозяйстве, привела к появлению нетипичных для пашни видов *Chamaenerion angustifolium* (L.), *Melilotus albus* Medik., увеличению количества *Linaria vulgaris* Mill., *Equisetum arvense* L. Ослабление конкуренции со стороны многолетних сорных растений способствовало сохранению плотности популяций типичных сегетальных малолетних видов *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Camelina alyssum* (Mill.) Thell., *Centaurea cyanus* L. В агрофитоценозе появились ставшие впоследствии обременительными сорняками *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Persicaria maculosa* S.F. Gray, *Avena fatua* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.

Оценка обилия сорных растений в современных условиях выявила, что из 70 выявленных видов на учетных площадках фиксировалось только 24 (34%). В отличие от предыдущих учетов, где основным средообразующим фактором в агрофитоценозах выступала обработка почвы, в современных условиях не менее важным являлось многолетнее системное применение гербицидов из группы 2,4-Д на доминирующих культурах. Это привело к доминированию видов (64%), устойчивых к данному гербициду: *Galium aparine* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Setaria* sp., *Avena fatua* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Galeopsis* sp., *Tripleurospermum inodorum* (L.) и др., в прошлом либо отсутствовавших в посевах, либо встречавшихся редко. Из посевов льна выпали спейрохорные сорняки *Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert, *Spergula arvensis* L., *Spergularia rubra* (L.) J. Presl & C. Presl., а *Agrostemma githago* L. включен в Красную книгу как исчезнувший вид. Из-за очистки посевного материала и длительного перерыва в возделывания культуры выпали также сорняки – спутники льна *Camelina alyssum* (Mill.) Thell. и *Camelina sativa* (L.) Crantz. Из многолетних доминировали вегетативно подвижные корнеотпрысковые и корневищные виды с глубокой корневой системой *Convolvulus arvensis* L., *Equisetum arvense* L., *Cirsium setosum* (Willd.), *Stachys palustris* L. Следует отметить, что как по малолетним, так и многолетним сорным растениям отмечалось превышение экономического порога вредоносности.

Обработка имеющихся данных методами непараметрической статистики выявила, что изменение уровня агротехники оказало достоверное влияние на динамику видовой структуры сорного компонента льна масличного между начальным и последующими турами исследований. Коэффициент сходства Жаккара составлял 0,34–0,47, Сьеренсена–Чекановского – 0,50–0,64 (табл. 3).

Близкие к нулю и отрицательные значения ранговой корреляции плотности популяций отдельных сегетальных видов свидетельствуют о смене доминантов сорного компонента в различные периоды наблюдений. Полученные результаты согласуются с теорией, согласно которой, уровень антропогенного воздействия формирует пул сорняков в соответствии с их функциональными способностями отрицательно или положительно реагировать на давление антропогенного отбора [16, 17].

Таблица 3

Коэффициенты общности и ранговой корреляции видового состава и обилия сорных растений посевов льна при разном уровне агротехники

Coefficients of community and rank correlation of species composition and abundance of weeds in flax crops at different levels of agricultural technology

Период исследований	Коэффициент Жаккара			Коэффициент Сьеренсена–Чекановского		
	1929 –1932 гг.	1936 г.	2021 –2022 гг.	1929 –1932 гг.	1936 г.	2021 –2022 гг.
1929 – 1932 гг.	1,00			1,00		
1936 г.	0,47	1,00		0,64	1,00	
2021 – 2022 гг.	0,34	0,49	1	0,50	0,66	1,00
1929 – 1932 гг	1,00			1,00		
1936 г.	0,207	1,00		0,147	1,00	
2021 – 2022 гг.	0,004	-0,174	1,00	0,013	-0,131	1,00

ВЫВОДЫ

1. Уровень антропогенного воздействия оказывал влияние на таксономическую структуру сорного компонента посевов льна масличного. За три периода обследований с 1932 по 2022 г. в посевах выявлено 127 видов сорных растений. Основная часть видового спектра сорняков формировалась из представителей малого числа семейств. На долю Asteraceae приходилось от 18 до 27%, Brassicaceae – от 11 до 13, Poaceae – от 8 до 13, Lamiaceae – от 7 до 11, Fabaceae – от 3 до 7% в зависимости от времени учета.

2. Анализ данных гербологических обследований показал, что вне зависимости от уровня агротехники при сравнительно широком видовом спектре пул наиболее обильных сорняков при разном уровне агротехники формировался из небольшого числа видов (23–24). Наибольшую плотность популяций имели виды семейства Poaceae – 12–23 % от общего численности, Asteraceae – 10–24, Chenopodiaceae – 3–10, Polygonaceae – 9–13, Convolvulaceae 2–10 %.

3. В зависимости от уровня агротехники льна масличного происходила смена доминантов сорного ценоза. В условиях экстенсивного земледелия это были многолетние виды с поверхностной корневой системой *Elytrigia repens* (L.) Nevski и *Sonchus arvensis* L., двулетние *Pastinaca sativa* L., *Berteroa incana* (L.) DC, а также типичные сегетальные малолетники спутники льна *Camelina alyssum* (Mill.) Thell., *Spergula arvensis* L., виды в обилии присутствовавшие в семенном материале *Agrostemma githago* L., *Chenopodium album* L. При повсеместном применении культурной вспашки во второй половине 30-х гг. сократилась численность двулетних, корнеотпрысковых и корневищных видов. В посевах появился не отмечавшийся в предыдущий период *Avena fatua* L. В современных условиях из малолетних доминировали устойчивые к 2,4-Д *Galium aparine* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Avena fatua* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Galeopsis* sp. В посевах стали фиксироваться редкие ранее *Lactuca serriola* L., и *Conyza canadensis* (L.) Cronquist. Многолетние представлены корнеотпрысковыми *Convolvulus arvensis* L., *Cirsium setosum* (Willd.), а также корневищными видами с глубокой корневой системой *Stachys palustris* L., *Equisetum arvense* L.

4. При возделывании льна масличного необходима разработка эффективной системы защиты от представленных видов сорных растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бочкарев Д.В.* Хронологическая трансформация сорной флоры агрофитоценозов при различном уровне антропогенного воздействия // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 6. – С. 22–28.

2. *Лунева Н.Н.* Сорные растения и сорная флора как основа фитосанитарного районирования (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 182, № 2. – С. 139–150. – DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-139-150.
3. *Межрегиональные* особенности таксономического состава сегетальных флор / О.Г. Баранова, А.С. Третьякова, Н.Н. Лунева [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 1. – С. 174–187. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-174-187.
1. *Посевные* площади льна-кудряша (лен масличный) в России. Итоги 2019 года / Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [Электронный ресурс]. – URL: https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-lna-kudryasha-len-maslichnyy-v-rossii-itogi-2019- (дата обращения: 20.03.2023)
2. *Московенко Н.В., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В.* Исследование химического состава различных сортов льна масличного и продуктов его переработки // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 372–377.
3. *Перспективная* ресурсосберегающая технология производства льна масличного: метод. рекомендации / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, С.Л. Горлов [и др.]. – М.: ВНИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2010. – 52 с.
4. *Состояние* и проблемы льна масличного в России / И.В. Ущаповский, Э.В. Новиков, Н.В. Басова, А.В. Безбабченко // Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЛ, Тверь, 18 мая 2017 г. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – С. 63–69.
5. *Тихомиров В. Н.* Актуальные задачи изучения адвентивных и синантропных видов растений // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР (материалы совещания 1-3 февр. 1989 г.). – М.: Наука, 1989. – С. 3–6.
6. *Ульянова Т.Н.* Сорные растения во флоре России и сопредельных государств. – Барнаул: АзБука, 2005. – 297 с.
7. *Синещеков В.Е., Васильева Н.В.* Засоренность зерновых агроценозов при минимизации основной обработки почвы в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 4 (45). – С. 32–40.
8. ГБУ «Государственный архив Пензенской области». ФР-28-37 (Личный фонд И.И. Спрыгина).
9. *Кузьмин П.К.* Сорные растения полей Мордовской АССР и меры борьбы с ними. – Саранск: Мордгиз, 1941. – 230 с.
10. *Туликов А.М.* Закономерности количественной изменчивости и методика учета сорных растений в агрофитоценозах // Известия ТСХА. – 1975. – Вып. 4. – С. 38–50.
11. *Лунева Н.Н., Мысник Е.Н.* Методика изучения распространенности видов сорных растений // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. – СПб.: ВНИИ защиты растений РАСХН, 2012. – С. 85–92.
12. *Географический* атлас Республики Мордовия / редкол.: д-р геогр. наук проф. А.А. Ямашкин (пред. кол.), С.М. Вдовин, Н.П. Макаркин [и др.].– Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2012. – 204 с.
13. *Fried G., Kazakou E., Gaba S.* Trajectories of weed communities explained by traits associated with species' response to management practices // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2012. – Vol. 158. – P. 147–155.
14. *Agroecological* weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity / S. Gaba, G. Fried, E. Kazakou [et al.] // Agronomy for sustainable development. – 2014. – Vol. 34. – P. 103–119.

REFERENCES

1. Bochkarev D.V., *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2013, No. 6, pp. 22–28. (In Russ.)
2. Luneva N.N., *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2021, T. 182, No. 2, pp. 139–150, DOI 10.30901/2227-8834-2021-2-139-150. (In Russ.)
3. Baranova O.G., Tretyakova A.S., Luneva N.N. [i dr.], *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2022, T. 183, No. 1, pp. 174–187, DOI 10.30901/2227-8834-2022-1-174-187. (In Russ.)
4. *Posevnye ploshchadi l'na-kudryasha (len maslichnyj) v Rossii. Itogi 2019 goda / Ekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa "AB-Centr"* (Cultivated areas of curly flax (oil flax) in Russia. Results of 2019 / Expert

and analytical center for agribusiness “AB-Center”): https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-lna-kudryasha-len-maslichnyy-v-rossii-itogi-2019 goda. (In Russ.)
5. Moskovenko N.V., Tihonov S.L., Tihonova N.V., *APK Rossii*, 2020, T. 27, No. 2. – pp. 372–377. (In Russ.)
6. Lukomec V.M., Bochkarev N.I., Gorlov S.L. [i dr.], *Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva l’na maslichnogo* (Promising resource-saving technology for oil flax production), Moscow Vserossijskij nauchno-issledovatel’skij institut maslichnyh kul’tur im. V.S. Pustovojta, 2010, 52 p.
7. Ushchapovskij I.V., Novikov E.V., Basova N.V., *Innovacionnye razrabotki dlya proizvodstva i pererabotki lubyanyh kul’tur* (Innovative developments for the production and processing of bast crops), Proceedings of the Conference Title, Tver’: Tverskoj gosudarstvennyj universitet, 2017, pp. 63–69. (In Russ.)
8. Tihomirov V.N., *Problemy izucheniya adventivnoj flory SSSR* (Meeting materials, 1-3 fevralya 1989 g.), Moscow: Nauka, 1989, pp. 3–6. (In Russ.)
9. Ulyanova T.N., *Sornye rasteniya vo flore Rossii i sopredel’nyh gosudarstv* (Weeds in the flora of Russia and neighboring countries) Barnaul: AzBuka, 2005, 297 p. (In Russ.)
10. Sineshchekov V.E., Vasileva N.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2017, No. 4 (45), pp. 32–40. (In Russ.)
11. *GBU «Gosudarstvennyj arhiv Penzenskoj oblasti». FR-28-37* (State Budgetary Institution “State Archive of the Penza Region”. FR-28-37), (Lichnyj fond I. I. Sprygina).
12. Kuzmin P.K., *Sornye rasteniya polej Mordovskoj ASSR i mery bor’by s nimi* (Weeds in the fields of the Mordovian Autonomous Soviet Socialist Republic and measures to combat them), Saransk: Mordgiz, 1941, 230 pp.
13. Tulikov A.M., *Izvestiya TSKHA*, 1975, No. 4, pp. 38–50. (In Russ.)
14. Luneva N.N., Mysnik E.N., *Metody fitosanitarnogo monitoringa i prognoza* (Methods of phytosanitary monitoring and forecast), Sankt-Peterburg: Vserossijskij nauchno-issledovatel’skij institut zashchity rastenij RASHN, 2012, pp. 85–92. (In Russ.)
15. *Geograficheskij atlas Respubliki Mordoviya* (Geographical atlas of the Republic of Mordovia), redkollegia: A.A. Yamashkin, S.M. Vdovin, N.P. Makarkin [i dr.], Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2012, 204 p.
16. Fried G., Kazakou E., Gaba S., Trajectories of weed communities explained by traits associated with species’ response to management practices, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2012, Vol. 158, pp. 147–155.
17. Gaba S., Fried G., Kazakou E. [et al.], Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity, *Agronomy for sustainable development*, 2014, Vol. 34, pp. 103–119.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-25-33
УДК 633.16:632.9

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАКОВЫХ СМЕСЕЙ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРОТИВ КОМПЛЕКСА ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Л.М. Власова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

О.В. Попова, старший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, пос. ВНИИСС Воронежской обл., Россия

E-mail: mihailovna-87lud@mail.ru

Ключевые слова: яровой ячмень, обработка семян, баковые смеси пестицидов, микроудобрения, вредители, болезни, эффективность.

Реферат. *Протравливание семян является обязательным экологически и экономически эффективным приемом в современных технологиях возделывания ярового ячменя. Цель работы заключалась в повышении эффективности защиты ярового ячменя путем применения баковых смесей новых инсектицидных, фунгицидных и инсектофунгицидных протравителей с микроудобрениями. Исследования проводились в 2021–2022 гг. на посевах ярового ячменя сорта Грэйс в условиях лесостепи Центрального Черноземья России (почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый). Установлено, что инсектофунгицид Доспех Квадра (0,8 л/т) и баковая смесь инсектицида Бомбарда (1,0 л/т) с фунгицидом Гераклион (1,0 л/т) при протравливании семян ярового ячменя были высокоэффективны в отношении комплекса вредных организмов: плесневения семян, корневых гнилей, хлебных полосатых блошек, злаковых мух. В отношении вредителей эффективность баковой инсектофунгицидной смеси Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) соответствовала уровню индивидуального применения препарата Бомбарда (1,0 л/т) и была выше эталона и препарата Доспех Квадра (0,8 л/т) против хлебных полосатых блошек на 6,8–8,5%, против злаковых мух – на 6,2–6,4%. Применение изучаемых пестицидов с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) увеличивало по отношению к контролю полевую всхожесть семян ярового ячменя в среднем на 5,0–6,0%. Добавление микроудобрений повышало эффективность пестицидов в отношении корневых гнилей в фазе кущения на 4,5–7,0%, в фазе колошения – на 4,8–6,8%. Результаты оценки инсектофунгицида Доспех Квадра (0,8 л/т) и инсектофунгицидной баковой смеси Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) индивидуально и в комплексе с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) показали положительное влияние протравливания семян на формирование элементов структуры урожая и урожайность ярового ячменя. Добавление микроудобрений к изучаемым баковым смесям способствовало достоверному увеличению урожайности ярового ячменя в среднем на 3,0–4,7 ц/га, что позволило в вариантах с обработкой семян инсектофунгицидом Доспех Квадра (0,8 л/т) и инсектофунгицидной смесью Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) в сочетании с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) получить по отношению к контролю наибольшие прибавки урожайности зерна – 11,0–13,2 ц/га.*

EFFECTIVENESS OF TANK MIXTURES OF PROTECTANTS AND MICRO FERTILIZERS AGAINST A COMPLEX OF PESTS AND DISEASES OF SPRING BARLEY

L.M. Vlasova, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

O.V. Popova, Senior Researcher

All-Russian Research Institute of Plant Protection, VNIISS settlement, Voronezh region, Russia

E-mail: mihailovna-87lud@mail.ru

Keywords: spring barley, seed treatment, tank mixtures of pesticides, micro fertilizers, pests, diseases, efficiency.

Abstract. *Seed dressing is a mandatory environmentally and cost-effective technique for cultivating spring barley in modern technologies. The work aimed to increase the efficiency of protection of spring barley by using tank mixtures of new insecticidal, fungicidal, and insectofungicidal protectants with micro fertilizers. The studies were conducted in 2021–2022. on crops of spring barley of the Grace variety in the forest-steppe conditions of Russia's Central Black Earth Region (the soil is leached medium-loamy chernozem). It was established that the*

insectofungicide Armor Quadra (0.8 l/t) and a tank mixture of the Bombarda insecticide (1.0 l/t) with the Heraklion fungicide (1.0 l/t) when treating spring barley seeds were highly effective against a complex of pests: molding of seeds, root rot, striped flea beetles, grain flies. About pests, the effectiveness of the tank insectofungicidal mixture Bombarda (1.0 l/t) + Heraklion (1.0 l/t) corresponded to the level of individual use of the drug Bombarda (1.0 l/t). It was higher than the standard and the drug Armor Quadra (0 .8 l/t) against grain flea beetles by 6.8–8.5%, against grain flies – by 6.2–6.4%. Using the studied pesticides with microfertilizers Polishing (0.2 l/t) and Megamix-Phosphorus (2.0 l/t) increased the field germination of spring barley seeds by an average of 5.0–6.0% relative to the control. The addition of microfertilizers increased the effectiveness of pesticides against root rot in the tillering phase by 4.5–7.0% and in the heading phase – by 4.8–6.8%. Results of evaluation of the insectofungicide Armor Quadra (0.8 l/t) and the insectofungicidal tank mixture Bombarda (1.0 l/t) + Heraklion (1.0 l/t) individually and in combination with Polishance microfertilizers (0.2 l/t) and Megamix-Phosphorus (2.0 l/t) showed a positive effect of seed treatment on the formation of crop structure elements and the yield of spring barley. The addition of microfertilizers to the studied tank mixtures contributed to a significant increase in the yield of spring barley by an average of 3.0–4.7 c/ha, which made it possible in variants with seed treatment with the insectofungicide Armor Quadra (0.8 l/t) and the insectofungicidal mixture Bombarda (1 .0 l/t) + Heraklion (1.0 l/t) in combination with microfertilizers Polishing (0.2 l/t) and Megamix-Phosphorus (2.0 l/t) to obtain the most significant increases in grain yield compared to the control – 11.0–13.2 c/ha.

Протравливание семян является обязательным экологически и экономически эффективным приемом в современных технологиях возделывания ярового ячменя. Данный прием обеспечивает обеззараживание семян от возбудителей болезней растений, передающихся через семенной материал; позволяет защитить высеянные семена и проростки от плесневения в почве и от почвенных патогенов; снижает повреждение всходов почвообитающими вредителями [1].

Протравители семян проявляют высокую эффективность против болезней и вредителей в начальный период развития растений культуры – от появления всходов до фазы кущения. В этот период обработка семян эффективно помогает защитить посевы зерновых культур от злаковых мух (*Oscinella pusilla* Mg., *Oscinella frit* L., *Phorbia fumigata* Meig. и других видов), хлебной жужелицы (*Zabrus tenebrioides* Goeze.), хлебных полосатых блошек (*Phyllotreta vittula* Redt.), плесневения семян (комплекс плесневых грибов: *Aspergillus* spp., *Penicillum* spp., *Mucor mucedo* Fresen. и др.), гельминтоспориозных и фузариозных корневых гнилей (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker и *Fusarium* spp.) и других вредных организмов [2–5].

В настоящее время актуальным является применение сложных баковых смесей, в состав которых входят фунгициды, инсектициды, микроудобрения и регуляторы роста растений. При использовании таких смесей необходима предварительная проверка на совместимость их компонентов, на отсутствие фитотоксичности для растений зерновых культур и других отрицательных последствий, т. е. требуется проводить многосторонние научные исследования [6–9].

В последние годы были созданы инсектофунгициды – сложные препараты, содержащие в своем составе вещества инсектицидного и фунгицидного действия. Изучение эффективности применения баковых смесей инсектофунгицидов с микроудобрениями и регуляторами роста растений для протравливания семян является качественно новым направлением в защите зерновых культур, в том числе ярового ячменя [10–13].

Цель работы – повысить эффективность защиты ярового ячменя путем применения баковых смесей новых инсектицидных, фунгицидных и инсектофунгицидных протравителей с микроудобрениями.

Задачи исследований: 1) изучить биологическую эффективность новых инсектицидных, фунгицидных и инсектофунгицидных протравителей и их баковых смесей с микроудобрениями; 2) определить влияние новых инсектицидных, фунгицидных и инсектофунгицидных протравителей и их баковых смесей с микроудобрениями на формирование элементов урожая и урожайность ярового ячменя.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2021–2022 гг. в условиях лесостепи Центрального Черноземья России нами были проведены исследования по оценке биологической эффективности российских препаратов инсектофунгицида Доспех Квадра (0,8 л/т) и баковой инсектофунгицидной смеси Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) индивидуально и с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) при предпосевной обработке зерна ярового ячменя. В качестве эталона использовали баковую инсектофунгицидную смесь Табу Нео (0,7 л/т) + Ламадор Про (0,5 л/т), свойства и эффективность которой были нами изучены на протяжении пяти лет. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

Характеристика препаратов: Табу Нео, СК – инсектицид (АО Фирма «Август»), действующее вещество (д. в.) – 400 г/л имидаклоприда + 100 г/л клотианидина; Ламадор Про, КС – фунгицид (ООО «Байер КропСайенс»), д. в. 100 г/л тебуконазола + 60 г/л протиоконазола + 20 г/л флуопирама; Бомбарда, КС – инсектицид (АО «Щелково Агрохим»), д. в. 90 г/л имидаклоприда + 130 г/л тиаметоксама + 60 г/л фипронила; Гераклион, КС – фунгицид (АО «Щелково Агрохим»), д. в. 15 г/л азоксистробина + 25 г/л тебуконазола + 400 г/л тирама; Доспех Квадра, КС – инсектофунгицид (ООО «Листерра») , д. в. 20 г/л имазалила + 300 г/л имидаклоприда + 30 г/л тебуконазола + 30 г/л тиабендазола; Полишанс, Ж – микроудобрение (ГК «Шанс»), действующее вещество: экстракт морских водорослей –180 г/л, органическое вещество – 150, альгиновая кислота – 14, азот – 90, фосфор – 30, калий – 60, медь – 8, цинк – 12, магний – 4, железо – 16 г/л; Мегамикс-Фосфор, Ж – микроудобрение (ООО «НПФ Мегамикс»), действующее вещество: азот – 63 г/л, фосфор – 242, калий – 69, медь – 0,28, цинк – 2,5, магний – 0,28, бор – 0,7, сера – 5,7, марганец – 1,1, молибден – 0,38 г/л.

Опыты закладывали на сорте ярового ячменя Грэйс. Размер опытных делянок составлял 30 м^2. Размещение вариантов – в четырех рендомизированных повторениях [14]. Предшественником была озимая пшеница. Обработка семян ярового ячменя была проведена на малогабаритном протравливателе Hege 11 перед посевом согласно регламентам применения испытываемых препаратов. Расход рабочей жидкости – 10 л/т семян. Посев опытных делянок был проведен селекционной сеялкой СС-11 «Альфа».

В лабораторных условиях была изучена эффективность препаратов против плесневения семян; для определения инфекции на семенах применяли рулонный метод анализа. Для каждого варианта опыта закладывали 4 рулона по 50 зерен. Рулоны ставили в стаканы с водой и проращивали в термостате при постоянной температуре 23 ^{0}С.

Полевую всхожесть семян определяли в фазе полных всходов ярового ячменя. Густоту стояния растений учитывали перед обмолотом на 1 м^2 каждой делянки.

Поврежденность листьев хлебными полосатыми блошками определяли с 10 площадок размером 0,1 м^2 (32 см×32 см) по каждой повторности. Степень поврежденности листьев оценивали по следующей шкале: 0 баллов – повреждения не имеются; 1 балл – повреждения имеются на 25% листовой поверхности; 2 балла – повреждения имеются на 50% листовой поверхности; 3 балла – повреждения имеются на 75% листовой поверхности; 4 балла – повреждено свыше 75% листовой поверхности.

Учет личинок злаковых мух осуществлялся методом их подсчета в 4 пробах по 0,5 м погонной длины рядка в каждой повторности. В пробах просматривали все растения и заселенные стебли вскрывали препаровальной иглой.

Учеты численности вредителей и поврежденности ими растений, расчет эффективности препаратов и их смесей осуществляли согласно методическим указаниям [15].

Учеты корневых гнилей проводили в фазы кущения и колошения растений ярового ячменя. На каждой опытной делянке брали две учетные площадки по 0,1 м^2 (2 смежных рядка по 0,33 м погонной длины). Степень поражения определяли по соответствующей шкале (в баллах): 0 – признаков поражения нет; 1 – единичные штрихи на колеоптиле или подземном междоузлии; 2 – слабое побурение колеоптиля или подземного междоузлия; 3 – сильное побурение колеоптиля или подземного междоузлия; 4 – полное отмирание проростка.

Показатели развития болезней или степени пораженности и биологическую эффективность

изучаемых фунгицидов и их смесей определяли согласно методическим указаниям [16].

Учет структуры урожая проводили методом отбора пробных снопов (25 растений) с каждой опытной делянки. Обмолот опытных делянок был проведен селекционным комбайном SR 2010 Terrion Sampo.

Погодные условия. Сумма осадков за вегетационный период ярового ячменя с апреля по июль 2021 г. составила 195 мм и распределилась по месяцам следующим образом: апрель – 70,0, май – 39,6, июнь – 65,8, июль – 19,6 мм. Среднесуточная температура воздуха составила 9,0; 12,8; 21,7 и 25,1 ^{0}С соответственно.

Посев ярового ячменя в 2021 г. был проведен 16 апреля. Всходы появились через 16 дней после посева, что было обусловлено холодной погодой. При температуре воздуха днем 18–19 ^{0}С 29 апреля массово появились хлебные полосатые блошки. Прохладная погода апреля–мая несколько снизила вредоносность хлебных блошек; относительно засушливые и прохладные условия мая сдерживали также развитие корневых гнилей.

Сумма осадков за вегетационный период ярового ячменя с апреля по июль 2022 г. составила 250 мм и распределилась по месяцам следующим образом: апрель – 60,9, май – 58,7, июнь – 38,7, июль – 92,2 мм. Среднесуточная температура воздуха составила 10,3; 14,5; 21,4 и 21,5 ^{0}С соответственно.

Посев ярового ячменя в 2022 г. был проведен 15 апреля. Всходы появились через 10 дней после посева. При повышении температуры воздуха до 24 ^{0}С 25–28 апреля произошел массовый выход хлебных полосатых блошек. Теплая погода апреля способствовала проявлению их вредоносности, но в дальнейшем прохладная и дождливая погода мая снизила вредоносность хлебных блошек и злаковых мух. Влажная погода апреля–мая способствовала развитию корневых гнилей.

В целом погодные условия апреля и мая 2021–2022 гг., когда проводились основные учеты, были близки к среднемноголетним данным, и в эффективности химических протравителей против вредителей и болезней значительной разницы по годам не наблюдалось.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лабораторных условиях рулонным методом анализа была установлена зараженность зерна ячменя комплексом плесневых грибов: *Penicillium viridicatum* Westling., *Aspergillus glaucus* (L.), *Mucor mucedo* Fresen.. Обработка семян ярового ячменя инсектофунгицидом Доспех Квадра и баковой инсектофунгицидной смесью Бомбарда + Гераклион индивидуально и в комплексе с микроудобрениями Полишанс и Мегамикс-Фосфор в среднем за два года исследований снижала плесневение семян на 92,4–95,9%, что на 4,7–8,2% выше эталона (баковой смеси Табу Нео + Ламадор Про) при развитии болезни в контроле 23,6% (табл. 1). Добавление микроудобрений не оказало влияния на фунгицидную активность изучаемых препаратов против плесневения, она соответствовала уровню эталона.

Полевая всхожесть семян ярового ячменя в опытных вариантах варьировала от 82,0 до 87,8%, при этом в контроле она составила 81,8%. При обработке семян баковыми смесями с микроудобрениями полевая всхожесть была выше по отношению к контролю в среднем на 5,0–6,0% и на 4,6–5,6% по отношению к индивидуальному использованию пестицидов (Доспех Квадра и Бомбарда + Гераклион).

Поврежденность листовой поверхности растений ярового ячменя хлебными полосатыми блошками была сильной – в среднем за годы исследований 2,4 балла, личинки злаковых мух повредили 27,6% стеблей.

Применение инсектофунгицида Доспех Квадра и инсектофунгицидной смеси Бомбарда + Гераклион в среднем за 2021–2022 гг. снижало по отношению к контролю поврежденность листовой поверхности растений культуры хлебными полосатыми блошками на 86,2 и 93,0% соответственно и количество поврежденных злаковыми мухами стеблей на 84,2 и 90,4%.

Эффективность препарата Доспех Квадра против хлебных полосатых блошек и личинок злаковых мух была на уровне эталона. Инсектицидная активность баковой смеси инсектицидного протравителя Бомбарда с фунгицидным протравителем Гераклион соответствовала уровню индивидуального применения пестицида Бомбарда и была выше эталона (Табу Нео + Ламадор Про) и препарата Доспех Квадра против хлебных блошек на 6,8–8,5%, злаковых мух – на 6,2–6,4%.

Таблица 1

Биологическая эффективность препаратов и их баковых смесей с микроудобрениями при протравливании семян ярового ячменя (сорт Грэйс) в среднем за 2021–2022 гг.
Biological effectiveness of preparations and their tank mixtures with microfertilizers when treating spring barley seeds (Grace variety) on average for 2021–2022.

Вариант	Норма применения, л/т	Полевая всхожесть, %	Биологическая эффективность, %				
			плесневение семян**	корневые гнили		поврежденность растений	
				фаза кущения	фаза колошения	хлебная полосатая блошка	злаковые мухи
Контроль* (без обработки)	–	81,8	23,6	10,6	25,4	2,4	27,6
Табу Нео, СК + Ламадор Про, КС (эталон)	0,7+ 0,5	82,0	87,7	73,1	67,2	84,5	84,0
Бомбарда, КС	1,0	82,0	–	–	–	92,6	90,4
Гераклион, КС	1,0	82,0	94,8	73,9	68,4	–	–
Бомбарда, КС + Гераклион, КС	1,0+ 1,0	82,2	94,8	74,2	68,4	93,0	90,4
Бомбарда, КС + Гераклион, КС + Полишанс, Ж	1,0+ 1,0+ 0,2	87,8	95,9	81,2	75,2	93,0	90,7
Бомбарда, КС + Гераклион, КС + Мегамикс-Фосфор, Ж	1,0+ 1,0+ 2,0	86,8	95,2	79,7	73,2	92,6	90,7
Доспех Квадра, КС	0,8	82,2	92,4	73,0	67,2	86,2	84,2
Доспех Квадра, КС + Полишанс, Ж	0,8+ 0,2	87,3	93,0	78,5	73,2	86,7	84,6
Доспех Квадра, КС+ Мегамикс-Фосфор, Ж	0,8+ 2,0	86,8	92,4	77,5	72,8	86,2	85,0
НСР 05		2,03					

*Контроль: абсолютные показатели развития болезней – %; количество стеблей, поврежденных личинками злаковых мух, – %; поврежденность растений хлебной полосатой блошкой – баллов;
** Данные лабораторного опыта.
*Control: absolute indicators of disease development – %; number of stems damaged by grain fly larvae, %; Damage to plants by the striped flea beetle – points;
** Data from laboratory experience.

Добавление микроудобрений не оказало влияния на инсектицидную активность изучаемых препаратов.

В отношении корневых гнилей эффективность препарата Доспех Квадра и баковой смеси инсектицида Бомбарда с фунгицидом Гераклион соответствовала уровню эталона: в фазе кущения – 73,0 и 74,2%, в фазе колошения – 67,2 и 68,4% соответственно. При использовании пестицидов в баковых смесях с микроудобрениями их фунгицидная активность в отношении корневых гнилей была выше по отношению к индивидуальному применению в фазе кущения на 4,5–7,0%, в фазе колошения – на 4,8–6,8%.

Эффективность химических протравителей в годы исследований против вредителей и болезней различалась незначительно.

Протравливание семян ярового ячменя баковой смесью Бомбарда + Гераклион и инсектофунгицидом Доспех Квадра индивидуально и с микроудобрениями в среднем за 2021–2022 гг. повышало число продуктивных стеблей до 17,5%, число зерен в колосе – до

10,1, массу 1000 зерен – до 2,6% в сравнении с контролем (табл. 2).

По всем вариантам опыта в среднем за два года исследований получены достоверные прибавки урожайности зерна ярового ячменя от 3,0 до 13,2 ц/га по отношению к контролю.

Достоверных различий в урожайности ярового ячменя в варианте с обработкой семян эталоном (Табу Нео + Ламадор Про) и в вариантах с обработкой семян Доспех Квадра и Бомбарда + Гераклион не установлено.

Использование при протравливании семян ячменя баковых смесей пестицидов с микроудобрениями способствовало увеличению урожайности зерна ярового ячменя на 3,0–4,7 ц/га (в среднем за 2021–2022 гг.). В урожайности ярового ячменя между вариантами с индивидуальным применением препарата Доспех Квадра и баковой инсектофунгицидной смеси Бомбарда + Гераклион и вариантами с обработкой семян баковыми смесями с микроудобрениями имелись достоверные различия.

Наибольшие достоверные прибавки урожайности зерна – 11,0–13,2 ц/га по отношению к контролю (при урожайности в контроле 45,0 ц/га) в среднем за два года исследований получены в вариантах с обработкой семян инсектофунгицидом Доспех Квадра и инсектофунгицидной смесью Бомбарда + Гераклион в сочетании с микроудобрениями Полишанс и Мегамикс-Фосфор. При этом между вариантом с обработкой семян баковой смесью Бомбарда + Гераклион + Полишанс и вариантом с обработкой семян смесью Доспех Квадра + Мегамикс-Фосфор имелись достоверные различия.

Таблица 2

Элементы структуры урожая и урожайность ярового ячменя (сорт Грэйс) при протравливании семян пестицидами и их баковыми смесями с микроудобрениями в среднем за 2021–2022 гг.
Elements of the crop structure and yield of spring barley (Grace variety) when treating seeds with pesticides and their tank mixtures with micro fertilizers on average for 2021–2022

Вариант	Норма применения, л/т	Элемент структуры урожая						Хозяйственная урожайность, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га
		число продуктивных стеблей		число зерен в колосе		масса 1000 зерен			
		шт./м²	% к контролю	шт.	% к контролю	г	% к контролю		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	–	583	100	16,8	100	46,0	100	45,0	–
Табу Нео, СК + Ламадор Про, КС – эталон	0,7+ 0,5	636	109,1	17,8	106,0	47,0	102,2	53,0	8,0
Бомбарда, КС	1,0	627	107,5	17,3	103,0	46,2	100,4	50,0	5,0
Гераклион, КС	1,0	600	102,9	17,3	103,0	46,3	100,6	48,0	3,0
Бомбарда, КС + Гераклион, КС	1,0+ 1,0	641	109,9	18,0	107,1	47,0	102,2	53,5	8,5
Бомбарда, КС + Гераклион, КС + Полишанс, Ж	1,0+ 1,0+ 0,2	685	117,5	18,5	110,1	47,2	102,6	58,2	13,2
Бомбарда, КС + Гераклион, КС + Мегамикс-Фосфор, Ж	1,0+ 1,0+ 2,0	677	116,1	18,1	107,7	47,0	102,2	56,5	11,5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Доспех Квадра, КС	0,8	637	109,3	17,8	106,0	47,0	102,2	53,0	8,0
Доспех Квадра, КС + Полишанс, Ж	0,8+ 0,2	677	116,1	18,4	109,5	47,2	102,6	57,5	12,5
Доспех Квадра, КС + Мегамикс-Фосфор, Ж	0,8+ 2,0	673	115,4	18,1	107,7	47,0	102,2	56,0	11,0
НСР 05		23,14	–	0,25	–	0,60	–	2,15	–

ВЫВОДЫ

1. Инсектофунгицид Доспех Квадра (0,8 л/т) и баковая смесь инсектицида Бомбарда (1,0 л/т) с фунгицидом Гераклион (1,0 л/т) при протравливании семян ярового ячменя были высокоэффективны в отношении комплекса вредных организмов: плесневения семян, корневых гнилей, хлебных полосатых блошек, злаковых мух.

2. В отношении вредителей эффективность баковой инсектофунгицидной смеси Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) соответствовала уровню индивидуального применения препарата Бомбарда (1,0 л/т) и была выше эталона и препарата Доспех Квадра (0,8 л/т) против хлебных полосатых блошек на 6,8–8,5%, против злаковых мух – на 6,2–6,4%.

3. Применение изучаемых пестицидов с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) повышало по отношению к контролю полевую всхожесть семян ярового ячменя в среднем на 5,0–6,0%. Добавление микроудобрений Полишанс и Мегамикс-Фосфор не оказало влияния на инсектицидную активность изучаемых препаратов и их баковых смесей и на фунгицидную активность против плесневения семян. Добавление микроудобрений повышало эффективность пестицидов в отношении корневых гнилей в фазе кущения на 4,5–7,0%, в фазе колошения – на 4,8–6,8%.

4. Результаты оценки инсектофунгицида Доспех Квадра (0,8 л/т) и инсектофунгицидной баковой смеси Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) индивидуально и в комплексе с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) показали положительное влияние протравливания семян на формирование элементов структуры урожая и урожайность ярового ячменя. Добавление микроудобрений к изучаемым баковым смесям способствовало достоверному увеличению урожайности ярового ячменя в среднем на 3,0–4,7 ц/га, что позволило в вариантах с обработкой семян инсектофунгицидом Доспех Квадра (0,8 л/т) и инсектофунгицидной смесью Бомбарда (1,0 л/т) + Гераклион (1,0 л/т) в сочетании с микроудобрениями Полишанс (0,2 л/т) и Мегамикс-Фосфор (2,0 л/т) получить по отношению к контролю наибольшие прибавки урожайности зерна – 11,0–13,2 ц/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Власова Л.М., Попова О.В.* Эффективная защита посевов ярового ячменя в ранний период развития от комплекса вредителей и болезней // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов: Амирит, 2022. – С. 299–305.
2. *Слободчиков А.А.* Влияние фитосанитарных средств на урожайность новых сортов яровой пшеницы сибирской селекции // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 40-44. – DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10110.
3. *Лихачев А.И., Торопова Е.Ю., Селюк М.П.* Эффективность предпосевного протравливания семян яровой пшеницы и ячменя в Новосибирской области // Вавиловские чтения «Наследие Н.И. Вавилова в современной науке»: материалы нац. науч.-практ. конф., посвящ. деятельности Н.И. Вавилова (Новосибирск, 30 нояб. 2018 г.). – Новосибирск: Новосиб. ГАУ, 2019. – С. 49–52.
4. *Губанова В.М., Губанов М.В.* Реакция голозерного ярового ячменя на применение протравителей семян в северной лесостепи Тюменской области // Теория и практика современной аграрной науки: сб. IV Нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск: Новосиб. ГАУ, 2021. – С. 73–76.

5. *Роль* сортов и протравителей в контроле обыкновенной корневой гнили яровой пшеницы / Е.Ю. Торопова, А.А. Кириченко, В.Ю. Сухомлинов [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2021. – № 3 (39). – С. 21–29. – DOI: 10.52463/22274227_2021_39_21.
6. *Власова Л.М., Попова О.В.* Инсектофунгицидные композиции для обработки семян зерновых культур // Защита и карантин растений. – 2021. – № 8. – С. 15–17. – DOI: 10.47528/1026-8634_2021_8_15.
7. *Timofeev V.N., Vyushina O.A., Ramazanova V.S.* Effect of fungicidal agents on the initial growth of spring wheat plants // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering". – 2021. – P. 012029. – DOI: 10.1088/1755-1315/845/1/012029.
8. *Кудашкин П.И., Бондаренко Н.Д., Власенко Н.Г.* Влияние препаратов Биовайс и Турмакс на продуктивность яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 26–32. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-26-32.
9. *Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалев Е.А.* Эффективность применения Гуминатрина на зерновых культурах лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 1 (62). – С. 8–13. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-62-1-7-13.
10. *Власова Л.М., Попова О.В.* Применение инсектофунгицидов для защиты ярового ячменя от болезней и вредителей // Сахарная свекла. – 2022. – № 7. – С. 25–27. – DOI: 10.25802/4557.2022.96.83.006.
11. *Фещенко Е.С., Торопова Е.Ю.* Влияние инсектофунгицидных протравителей на посевные качества семян яровой пшеницы // Защита растений от вредных организмов: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Кубан. гос. аграр. ун-та (Краснодар, 21–25 июня 2021 г.). – Краснодар, 2021. – С. 377–380.
12. *The efficiency* of application of bacterial and humic preparations to enhance of wheat (Triticum aestivum L.) plant productivity in the arid regions of Egypt / M. Hafez, A.E. Mohamed, M. Rashad, A.I. Popov // Биологически активные препараты для растениеводства: научное обоснование – рекомендации – практические результаты: материалы XVI Междунар. конф. – Минск: БГУ, 2020. – С. 166–168.
13. *Different* responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future / K. Hakala, L. Jauhiainen, A. Rajala Ari [et al.] // Field Crops Research. – 2020. – Vol. 259, N 15. – doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107956.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. *Методические указания* по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2004. – 321 с.
16. *Методические указания* по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – 378 с.

REFERENCES

1. Vlasova L.M., Popova O.V., *Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitija agropromyshlennogo kompleksa v uslovijah aridizacii klimata* (Scientific support of sustainable development of the agro-industrial complex in conditions of climate aridization), Collection of materials of the II International scientific and practical conference of RosNIISK "Rossorgo", Saratov: Amirit, 2022, pp. 299–305. (In Russ.)
2. Slobodchikov A.A., *Zemledelie*, 2021, No. 1, pp. 40–44, DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10110. (In Russ.)
3. Likhachev A.I., Toropova E.Yu., Selyuk M.P., *Vavilovskie chtenija «Nasledie N.I. Vavilova v sovremennoj nauke»* (Vavilov readings "The legacy of N.I. Vavilov in modern science"), Materials of the national scientific and practical conference dedicated to the activities of N.I. Vavilov, Novosibirsk: Novosibirsk State University, 2019, pp. 49–52. (In Russ.)
4. Gubanova V.M., Gubanov M.V., *Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Collection of the IV national (All-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk: Novosibirsk State University, 2021, pp. 73–76. (In Russ.)
5. Toropova E.Yu., Kirichenko A.A., Sukhomlinov V.Yu. [et al.], *Vestnik Kurganskoj GSHA*, 2021, No. 3 (39), pp. 21–29, DOI: 10.52463/22274227_2021_39_21. (In Russ.)
6. Vlasova L.M., Popova O.V., *Zashhita i karantin rastenij*, 2021, No. 8, pp. 15–17, DOI: 10.47528/1026-8634_2021_8_15. (In Russ.)

7. Timofeev V.N., Vyushina O.A., Ramazanova V.S., Effect of fungicidal agents on the initial growth of spring wheat plants, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. ser. "International Conference on Agricultural Science and Engineering"*, 2021, pp. 012029, DOI: 10.1088/1755-1315/845/1/012029.
8. Kudashkin P.I., Bondarenko N.D., Vlasenko N.G., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 2 (63), pp. 26–32, DOI: 10.31677/2072-6724-2022-63-2-26-32. (In Russ.)
9. Albert M.A., Galeev, Kovalev E.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 1 (62), pp. 8–13, DOI:10.31677/2072-6724-2022-62-1-7-13. (In Russ.)
10. Vlasova L.M., Popova O.V., *Saharnaja svekla*, 2022, No. 7, pp. 25–27, DOI: 10.25802/4557.2022.96.83 .006. (In Russ.)
11. 11. Feshchenko E.S., Toropova E.Yu., *Zashhita rastenij ot vrednyh organizmov* (Plant protection from harmful organisms), Materials of the X International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, 2021, pp. 377–380. (In Russ.)
12. Hafez M., Mohamed A.E., Rashad M., Popov A.I., *Biologicheski aktivnye preparaty dlja rastenievodstva: nauchnoe obosnovanie – rekomendacii – prakticheskie rezul'taty* (Biologically active preparations for crop production: scientific basis – recommendations – practical results), Proceedings of the XVI International Conference, Minsk: BGU, 2020, pp. 166–168.
13. Hakala K., Jauhiainen L., Rajala Ari A. [et al.], Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future *Field Crops Research*, 2020, Vol. 259, No. 15, doi. org/10.1016/j.fcr.2020.107956.
14. Dospehov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
15. *Metodicheskie ukazanija po registracionnym ispytanijam insekticidov, akaricidov, molljuskocidov i rodenticidov v sel'skom hozjajstve* (Methodological guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture), Saint-Petersburg, 2004, 321 p.
16. *Metodicheskie ukazanija po registracionnym ispytanijam fungicidov v sel'skom hozjajstve* (Methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture), Saint-Petersburg, 2009, 378 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-34-40
УДК 633.853.52:631.52

НАСЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ И ЭФФЕКТ ГЕТЕРОЗИСА У ГИБРИДОВ СОИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.П. Галиченко, научный сотрудник, аспирант
Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия
E-mail: gap@vniisoi.ru

Ключевые слова: соя, гибриды, родительские формы, хозяйственно полезные признаки, эколого-географическая зона, степень фенотипического доминирования, гетерозис.

Реферат. *Представлены результаты селекционно-генетического анализа наследования основных хозяйственно полезных признаков гибридами сои первого поколения по степени фенотипического доминирования и гетерозиса. Проведена оценка 18 гибридных комбинаций сои по четырем количественным признакам, слагающим продуктивность: количество бобов, количество семян, масса семян с одного растения и масса 1000 семян. Исследования проводились в лаборатории селекции и первичного семеноводства ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2021–2022 гг. Образцы сои для гибридизации были подобраны с использованием эколого-географического принципа. В качестве материнских форм использовались высокопродуктивные сорта сои селекции ФНЦ ВНИИ сои: Сентябринка, Куханна, в качестве отцовских – сорта и образцы из американской, европейской и азиатской эколого-географических зон. Искусственная внутривидовая гибридизация проводилась в 2021 г. по методике К.К. Малыш и Т.П. Рязанцевой. В результате проведенных исследований был определен характер наследования основных хозяйственно полезных признаков у внутривидовых гибридов сои F_1. Степень проявления и величина гетерозиса сильно варьировали в зависимости от комбинации скрещивания и изучаемого признака – от сверхдоминирования до депрессии. Установлено, что эффект гетерозиса и сверхдоминирования по всем четырем показателям: количеству бобов, количеству семян, массе семян с одного растения и массе 1000 семян (h_p = 1,14–23,96; Г = 2,85–23,26 %) – зафиксирован в двух перспективных комбинациях с отцовской формой из американской эколого-географической зоны: ♀ Сентябринка х ♂ Саска (Канада) и ♀ Куханна х ♂ Саска (Канада). Высокий показатель степени фенотипического доминирования (h_p = 1,65–18,54) и гетерозиса (Г =5,04–44,53 %) по количеству бобов, количеству семян и массе семян с одного растения отмечен в комбинациях с отцовскими формами из американской (♀ Сентябринка х ♂ Киото (Канада)), европейской (♀ Сентябринка х ♂ Кордоба (Австрия)) и азиатской (♀ Сентябринка х ♂ Хэйхэ 12 (КНР)) эколого-географических зон. Данные гибридные комбинации представляют большой интерес в селекционных исследованиях на высокую продуктивность в условиях Амурской области.*

INHERITANCE OF QUANTITATIVE TRAITS AND THE EFFECT OF HETEROSIS IN FIRST-GENERATION SOYBEAN HYBRIDS

A.P. Galichenko, Research Fellow, Ph.D. student
All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia
E-mail: gap@vniisoi.ru

Keywords: *soybean, hybrids, parental forms, economically advantageous traits, ecological-geographical zone, degree of phenotypic dominance, heterosis.*

Abstract. *The results of a selection and genetic analysis of the inheritance of essential economically beneficial traits by first-generation soybean hybrids according to the degree of phenotypic dominance and heterosis are presented. The authors considered an assessment of 18 hybrid soybean combinations based on four quantitative characteristics that make up productivity: the number of beans, the number of seeds, the weight of seeds per plant, and the weight of 1000 seeds. The research was conducted in the selection and primary seed production laboratory of the Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Soybeans in 2021–2022. Soybean samples for hybridization were selected using an ecological-geographical principle. The authors used the highly productive soybean varieties bred by the Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Soybeans as maternal forms: Sentyabrinka, Kukhanna; as paternal forms, varieties and samples from the American, European, and Asian ecological-geographical zones. The authors carried out the Artificial*

intraspecific hybridization in 2021 according to the method of K.K. Baby and T.P. Ryazantseva. As a result of the research, the nature of inheritance of the leading economically beneficial traits in intraspecific F1 soybean hybrids was determined. The degree of manifestation and magnitude of heterosis varied greatly depending on the combination of crossing and the trait being studied - from overdominance to depression. It has been established that the effect of heterosis and overdominance in all four indicators: the number of beans, the number of seeds, the weight of seeds per plant, and the weight of 1000 seeds (hp = 1.14–23.96; G = 2.85–23.26%) – recorded in two promising combinations with the paternal form from the American ecological-geographical zone: ♀ Sentyabrinka x ♂ Saska (Canada) and ♀ Kuhanna x ♂ Saska (Canada). A high degree of phenotypic dominance (hp = 1.65–18.54) and heterosis (G = 5.04–44.53%) in terms of the number of beans, the number of seeds, and the weight of seeds per plant were noted in combination with paternal forms from the American (♀ September x ♂ Kyoto (Canada)), European (♀ September x ♂ Cordoba (Austria)) and Asian (♀ September x ♂ Heihe 12 (PRC)) ecological-geographical zones. These hybrid combinations are of great interest in breeding research for high productivity in the Amur region.

Современная селекция обладает огромным диапазоном методов и способов получения нового исходного материала от фенотипической (с использованием гибридизации и искусственного мутагенеза) до геномной селекции [1–3]. Основным методом для выполнения селекционных программ по сое является искусственная гибридизация, которая обеспечивает комбинирование лучших хозяйственно полезных признаков в новых сортах [4–6]. Для получения наиболее разнообразного потомства с высоким гетерозисным эффектом и фенотипическим доминированием гибридов над родительскими формами используются различные принципы подбора исходного материала для скрещиваний [6, 7].

Наибольшую популярность среди селекционеров получил эколого-географический принцип подбора родительских пар для гибридизации, который впервые в селекции использовал И.В. Мичурин. Он пришел к выводу о пользе скрещивания родительских форм, развивавшихся в различных экологических условиях. Большой вклад в разработку и изучение этого метода внес Н.И. Вавилов. Согласно основным положениям его теории селекции, наибольший результат должны давать пары из генетически далеких родителей. Имеется в виду, что сорта и породы из разных регионов имеют разное генетическое происхождение, т.е. существует генетическая дивергенция генотипов, принимающих участие в гибридизации [8–10]. В качестве исходного материала для гибридизации в первую очередь следует использовать местные районированные сорта как наиболее приспособленные к условиям районов возделывания [11–13]. Эколого-географический принцип подбора родительских пар состоит в том, что признаки и свойства, обособленные между географически и экологически отдаленными сортами и формами, интегрируются в одном новом сорте в необходимом их сочетании [14].

Большой вклад в разработку теоретических положений и практических указаний по подбору исходных родительских форм сои для гибридизации на Дальнем Востоке внесли А.П. Ващенко, П. П. Фисенко, Н.В. Мудрик (ПримНИИСХ), Т.П. Рязанцева, Л.К. Малыш (ВНИИ сои) и другие учёные [10, 15].

Цель исследований – с использованием показателей степени фенотипического доминирования и гетерозиса установить характер наследования основных хозяйственно полезных признаков у внутривидовых гибридов сои первого поколения и выделить высокопродуктивные гибридные комбинации для их дальнейшего использования в селекционном процессе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2022 г. на экспериментальном участке ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои (с. Садовое, Тамбовский район). В питомнике F_1 изучали 18 гибридных комбинаций, полученных в результате простых скрещиваний с использованием эколого-географического принципа подбора исходных родительских форм. В качестве родительских форм использовали высокопродуктивные сорта сои селекции ФНЦ ВНИИ сои (Сентябринка, Куханна) и сорта иностранного происхождения из Японии, КНР, США, Канады, Австрии, Украины и Сербии. Искусственную внутривидовую гибридизацию проводили в 2021 г. по методике К.К. Малыш

и Т.П. Рязанцевой [16]. В 2022 г. гибридные растения первого поколения 18 комбинаций скрещивания выращивали по блочной схеме «мать – гибрид – отец» для обеспечения достоверности сравнения результатов. Посев гибридов осуществляли вручную на двухметровых делянках, площадь питания одного растения 45 х 10 см.

В период вегетации сои проводили фенологические наблюдения, анализ по морфологическим признакам и идентификацию гибридов. Все растения убирали вручную, в лабораторных условиях выполняли биометрический анализ и индивидуальный обмолот каждого растения. Родительские формы и гибриды первого поколения изучали по основным базовым элементам продуктивности (количество бобов, количество семян, масса семян с одного растения и масса 1000 семян). На основании результатов гибридологического и структурного анализов по каждой комбинации F_1 определяли степень фенотипического доминирования и уровень гетерозиса [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В питомнике гибридов первого поколения изучалось 18 гибридных комбинаций, которые были получены в результате простых скрещиваний с использованием эколого-географического принципа подбора исходных родительских форм. Вовлечённые в скрещивания сорта отличались рядом хозяйственно полезных признаков: высокой продуктивностью, высокостебельностью, высоким прикреплением нижнего боба, высоким содержанием белка в семенах и другими полезными признаками.

Анализ гибридов F_1 позволил установить характер наследования четырех количественных признаков. Величина гетерозиса сильно варьировала в зависимости от комбинации скрещивания и исследуемого признака – от сверхдоминирования до депрессии. Наибольший эффект гетерозиса зафиксирован по основным хозяйственно полезным признакам, слагающим продуктивность: количеству бобов, количеству семян, массе семян с одного растения и массе 1000 семян.

В гибридных комбинациях с отцовскими формами из американской эколого-географической зоны наследование количества бобов, количества семян, массы семян с одного растения и массы 1000 семян осуществлялось по типу положительного сверхдоминирования с $h_p > 1$ (1,14–23,96) в двух комбинациях: ♀ Сентябринка х ♂ Саска (Канада), ♀ Куханна х ♂ Саска (Канада), уровень гетерозиса находился в пределах 2,85–23,26 % (таблица). В комбинации ♀ Куханна х ♂ Jim (США) положительное сверхдоминирование (h_p = 1,14–16,08) и эффект гетерозиса (Г = 2,32–19,35 %) отмечены по количеству семян, массе семян с одного растения и массе 1000 семян, по количеству бобов зафиксирован промежуточный тип наследования. Эффект сверхдоминирования (h_p = 3,32–6,53) и гетерозиса (Г = 16,82–22,11 %) по показателям количества бобов, количества семян и массе семян с одного растения отмечен в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Киото (Канада), по массе 1000 семян гибридные формы не превзошли лучшего из родителей, отмечено промежуточное наследование по данному признаку. В комбинации ♀ Куханна х ♂ Киото (Канада) сверхдоминирование и эффект гетерозиса проявились по массе 1000 семян (h_p = 2,29; Г = 7,00 %), тогда как по остальным трем показателям наблюдался промежуточный тип наследования (h_p = -0,48…0,44) и отрицательный гетерозис (Г = -2,41…-13,44 %). В комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Jim (США) положительное сверхдоминирование проявилось по показателю масса 1000 семян (h_p = 2,61), по количеству бобов с одного растения гибридные растения не превзошли родительские формы, по количеству семян отмечено доминирование низкого показателя ($-1 < h_p < -0,5$), по массе семян с растения наблюдалась гибридная депрессия признака (h_p = -1,40).

Гетерозис и степень фенотипического доминирования у гибридов сои F_1
Heterosis and degree of phenotypic dominance in F1 soybean hybrids

Эколого-географическая зона	Комбинация скрещивания	Количество бобов, шт.	Количество семян, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Американская	♀ Сентябринка х ♂ Jim (США)	–10,87 –0,06	–19,08 –0,94	–12,92 –1,40	1,45 2,61
	♀ Куханна х ♂ Jim (США)	–21,74 –0,18	5,50 1,37	2,32 1,14	19,35 16,08
	♀ Сентябринка х ♂ Саска (Канада)	20,85 3,65	17,22 4,19	9,85 1,81	2,85 1,49
	♀ Куханна х♂ Саска (Канада)	13,06 2,17	19,22 2,94	23,26 2,90	10,10 23,96
	♀ Сентябринка х ♂ Киото (Канада)	16,82 3,32	17,97 3,50	22,11 6,53	–4,38 0,19
	♀ Куханна х ♂ Киото (Канада)	–8,14 –0,08	–13,44 –0,48	–2,41 0,44	7,00 2,29
Европейская	♀ Сентябринка х ♂ Кордоба (Австрия)	9,87 6,00	10,72 4,50	5,04 1,65	–4,14 0,47
	♀ Куханна х ♂ Кордоба (Австрия)	33,80 6,05	–3,70 0,61	18,96 2,23	–1,91 0,71
	♀ Сентябринка х ♂ Терек (Украина)	–25,50 –1,87	–15,67 –5,72	–25,05 –1,92	1,24 1,22
	♀ Куханна х ♂ Терек (Украина)	–3,98 –6,00	–15,24 –0,68	–4,85 –1,62	10,76 4,39
	♀ Сентябринка х ♂ Н.С. Катя (Сербия)	–13,03 0,38	–9,76 0,33	–11,12 0,46	1,21 1,13
	♀ Куханна х ♂ Н.С. Катя (Сербия)	–5,30 0,41	–7,85 0,31	1,41 1,13	13,21 10,07
Азиатская	♀ Сентябринка х ♂ Hidaka (Япония)	12,18 2,32	5,15 2,48	–11,96 0,35	–12,79 0,28
	♀ Куханна х ♂ Hidaka (Япония)	–7,36 0,61	–19,09 –0,16	–16,89 0,12	–8,88 0,11
	♀ Сентябринка х ♂ Хэйхэ 12 (КНР)	33,34 18,54	44,53 5,21	27,42 4,96	–6,53 0,37
	♀ Куханна х ♂ Хэйхэ 12 (КНР)	–5,77 0,62	15,12 6,20	–20,29 –0,02	–15,11 –0,44
	♀ Сентябринка х ♂ Хэйхэ 43 (КНР)	–0,38 0,93	–6,80 0,09	–15,26 –0,45	–6,90 –0,26
	♀ Куханна х ♂ Хэйхэ 43 (КНР)	–22,85 –1,05	–17,51 –0,78	–15,37 –0,96	7,30 19,51

Примечание. В числителе – величина гетерозиса (Г, %), В знаменателе – степень фенотипического доминирования (h_p).

При анализе родительских форм и гибридов сои в комбинациях с отцовскими формами из европейской эколого-географической зоны сверхдоминирование (h_p = 1,45–6,00) и эффект гетерозиса (Г = 5,04–10,72 %) по признакам количества бобов, количества семян и массы семян с растения зафиксированы в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Кордоба (Австрия), по массе 1000 семян наблюдался промежуточный тип наследования. Эффект сверхдоминирования (h_p = 2,23–6,05) и гетерозиса (Г = 18,96–33,80 %) по количеству бобов и массе семян отмечен в комбинации ♀ Куханна х ♂ Кордоба (Австрия), по количеству семян с одного растения и массе

1000 семян зафиксировано неполное доминирование высокого показателя (0,5 <h_p<1). В комбинации ♀ Куханна х ♂ Н.С. Катя (Сербия) положительное сверхдоминирование зафиксировано по массе семян с растения (h_p = 1,13) и массе 1000 семян (h_p = 10,07), по количеству бобов и количеству семян гибридные растения не превзошли родителей (h_p = 0,31–0,41). Сверхдоминирование по массе 1000 семян (h_p = 1,22) отмечено в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Терек (Украина), по количеству бобов, количеству семян и массе семян с одного растения наблюдалась депрессия данных признаков. В комбинации ♀ Куханна х ♂ Терек (Украина) также отмечен сверхдоминантный эффект по массе 1000 семян (h_p = 4,39), по количеству семян с растения зафиксировано доминирование низкого показателя (отрицательное доминирование), по количеству бобов и массе семян проявилась депрессия признака (h_p = -6,00; -1,62). По массе 1000 семян сверхдоминирование (h_p = 1,13) проявилось в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Н.С. Катя (Сербия), по количеству бобов, количеству семян и массе семян с растения наблюдался промежуточный тип наследования.

В гибридных комбинациях с отцовскими формами из азиатской эколого-географической зоны наследование количества бобов, количества семян и массы семян с одного растения осуществлялось по типу положительного сверхдоминирования (h_p = 4,96–18,54) с эффектом гетерозиса (Г = 27,42–44,53 %) в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Хэйхэ 12 (КНР), по массе 1000 семян гибридные растения не превзошли родительские формы. По количеству бобов и количеству семян с одного растения сверхдоминирование (h_p = 2,32; 2,48) наблюдалось в комбинации ♀ Сентябринка х ♂ Hidaka (Япония), отмечен промежуточный тип наследования по признакам массы семян с растения и массы 1000 семян (h_p = 0,35; 0,28). В комбинации ♀ Куханна х ♂ Хэйхэ 12 (КНР) сверхдоминирование и эффект гетерозиса проявились по количеству семян с одного растения (h_p = 6,20; Г = 15,12 %), промежуточное наследование признаков зафиксировано по массе семян и массе 1000 семян (h_p = -0,02; -0,44), по количеству бобов у гибридных растений наблюдалось неполное доминирование высокого показателя (h_p = 0,62). В комбинации ♀ Куханна х ♂ Хэйхэ 43 (КНР) сверхдоминирование и гетерозис отмечены по массе 1000 семян (h_p = 19,51; Г = 7,30 %), по количеству семян и массе семян с одного растения зафиксировано доминирование низкого показателя (h_p = -0,78; -0,96), по количеству бобов наблюдалась депрессия признака. Промежуточный тип наследования по количеству семян, массе семян и массе 1000 семян отмечен в комбинации ♀ Куханна х ♂ Hidaka (Япония), по количеству бобов зафиксировано неполное доминирование высокого показателя (h_p = 0,61).

ВЫВОДЫ

1. Эффекты гетерозиса и сверхдоминирования по всем четырем показателям: количеству бобов, количеству семян, массе семян с одного растения и массе 1000 семян (h_p = 1,14–23,96; Г = 2,85–23,26 %) – зафиксированы в двух наиболее перспективных комбинациях с отцовской формой, относящейся к американской эколого-географической зоне: ♀ Сентябринка х ♂ Саска (Канада) и ♀ Куханна х ♂ Саска (Канада).

2. В комбинациях с отцовскими формами из американской (♀ Сентябринка х ♂ Киото (Канада)), европейской (♀ Сентябринка х ♂ Кордоба (Австрия)) и азиатской (♀ Сентябринка х ♂ Хэйхэ 12 (КНР)) эколого-географических зон эффекты гетерозиса и сверхдоминирования проявились по трем показателям: количеству бобов, количеству семян и массы семян с одного растения (h_p = 1,65–18,54; Г = 5,04–44,53 %).

3. В 10 комбинациях (55,5 %) гибридов сои первого поколения гетерозис и фенотипическое сверхдоминирование признака выявлены по массе 1000 семян, в 8 комбинациях (44,4 %) – по количеству семян и массе семян с одного растения, в 7 комбинациях (38,9 %) – по количеству бобов на одном растении.

4. Селекционно-генетическое изучение полученных внутривидовых гибридов сои следует продолжить в последующих поколениях с целью отбора наилучших и выявления природы гетерозиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фокина Е.М., Титов С.А., Губенко О.А.* Наследование хозяйственно ценных признаков и гетерозис у гибридов сои F_1 // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 3 (55). – С. 76–82. – DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13036.
2. *Синеговская В.Т.* Вклад фундаментальных исследований в совершенствование селекционного процесса при создании сортов сои на Амуре // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 6. – С. 5–11. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_5.
3. *Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Разанцвей Д.Р.* Использование зародышевой плазмы нетипичных форм сои в селекции // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 8. – С. 8–15. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10801.
4. *Минькач Т.В., Оборская Ю.В.* Наследование продуктивности одного растения у межвидовых гибридов сои // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – № 2 (62). – С. 24–29. – DOI: 10.22450/19996837_2022_2_24.
5. *Rani A., Kumar V.* Soybean Breeding // Fundamentals of Field Crop Breeding. – Springer, Singapore, 2022. – DOI: 10.1007/978-981-16-9257-4_17.
6. *Alsanie S.* Soybean Genome // Oil Crop Genomics. – Springer, Cham, 2021. – DOI: 10.1007/978-3-030-70420-9_1.
7. *Genetic* studies on seed coat permeability and viability in RILs derived from an inter-specific cross of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] / A. Kumar, S. Chandra, A. Talukdar [et al.] // Indian J Genet. – 2019. – N 79 (1). – P. 48–55. – DOI: 10.31742/IJGPB.79.1.7.
8. *Селекционно-генетический* анализ гибридов сои первого – третьего поколения / Е.С. Бутовец, Е.А. Васина, Г.О. Кукуруза [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 4 (60). – С. 15–22. – DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.
9. *Калицкая Н.Г., Синеговская В.Т., Кобозева Т.П.* Оценка межвидовых и внутривидовых гибридов сои первого поколения // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 6. – С. 4–7. – DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7.
10. *Соя* на Дальнем Востоке / А.П. Ващенко, Н.В. Мудрик, П.П. Фисенко [и др.]. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 435 с.
11. *Characterization* of the Common Genetic Basis Underlying Seed HilumSize, Yield, and Quality Traits in Soybean / Q. Zhao, X. Shi, L. Yan [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2021. – N 12. – P. 183. – DOI: 10.3389/fpls.2021.610214.
12. *Genomic* resources in plant breeding for sustainable agriculture / M. Thudi, R. Palakurthi, J.C. Schnable [et al.] // Journal of Plant Physiology. – 2020. – No. 257. – P. 1–67. – DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153351.
13. *Кошкарова Т.С., Толоконников В.В., Вронская Л.В.* Селекционное улучшение сортов сои на короткостебельность // Известия НВАУК. – 2022. – № 2 (66). – С. 118–126. – DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-14.
14. *Лепехов С.Б.* Методы подбора пар для скрещивания в селекции на урожайность у самоопыляющихся культур // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2017. – Т. 178, № 4. – С. 76–89. – DOI: 10.30901/2227-8834-2017-4-76-89.
15. *Рязанцева Т.П., Малыш Л.К.* Некоторые вопросы создания исходного материала для селекции сои в Приамурье // Некоторые вопросы селекции и биологии сои. – Благовещенск, 1975. – С. 30–34.
16. *Малыш К.К., Рязанцева Т.П.* Некоторые вопросы биологии сои, связанные с методикой гибридизации // Труды Амурской сельскохозяйственной опытной станции. – Хабаровск, 1968. – Т. 2, вып. 1. – С. 38–48.
17. *Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В.* Статистические методы генетического анализа. – М.: Колос, 1980. – 207 с.

REFERENCES

1. Fokina Ye.M., Titov S.A., Gubenko O.A., *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2020, No. 3 (55), pp. 76–82, DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13036. (In Russ.)
2. Sinegovskaya V.T., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2023, Vol. 37, No. 6, pp. 5–11, DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_5. (In Russ.)

3. Fokina Ye.M., Belyayeva G.N., Razantsvey D.R., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, Vol. 34, No. 8. pp. 8–15, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10801. (In Russ.)
4. Min'kach T.V., Oborskaya YU.V., *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2022, No. 2 (62), pp. 24–29, DOI: 10.22450/19996837_2022_2_24. (In Russ.)
5. Rani A., Kumar V., Soybean Breeding, *Fundamentals of Field Crop Breeding*, Springer, Singapore, 2022, DOI: 10.1007/978-981-16-9257-4_17.
6. Alsanie S., Soybean Genome, *Oil Crop Genomics*, Springer, Cham, 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-70420-9_1.
7. Kumar A., Chandra S., Talukdar A. [et al.], Genetic studies on seed coat permeability and viability in RILs derived from an inter-specific cross of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], *Indian J Genet*., 2019, No. 79 (1), pp. 48–55, DOI: 10.31742/IJGPB.79.1.7.
8. Butovets Ye.S., Vasina Ye.A., Kukuruza G.O., Strashnenko T.N., Luk'yanchuk L.M., *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2021, No. 4 (60). pp. 15–22, DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22. (In Russ.)
9. Kalitskaya N.G., Sinegovskaya V.T., Kobozeva T.P., *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2021, No. 6, pp. 4–7, DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/4-7. (In Russ.)
10. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chayka N.V., Kapustin YU.S., *Soya na Dal'nem Vostoke* (Soya in the Far East), Vladivostok: Dal'nauka, 2014, 435 p.
11. Zhao Q., Shi X., Yan L. [et al.], Characterization of the Common Genetic Basis Underlying Seed Hilum Size, Yield, and Quality Traits in Soybean, *Frontiers in Plant Science*, 2021, No. 12, pp. 183, DOI: 10.3389/fpls.2021.610214.
12. Thudi M., Palakurthi R., Schnable J.C. [et al.], Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture, *Journal of Plant Physiology*, 2020, No. 257, pp. 1–67, DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153351.
13. Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Vronskaya L.V., *Izvestiya NVAUK*, 2022, No. 2 (66), pp. 118–126, DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-14. (In Russ.)
14. Lepekhov S.B., *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2017, T. 178, No. 4, pp. 76–89, DOI 10.30901/2227-8834-2017-4-76-89. (In Russ.)
15. Ryazantseva T.P., Malysh L.K., *Nekotoryye voprosy selektsii i biologiisoi*, Blagoveshchensk, 1975, pp. 30–34. (In Russ.)
16. Malysh K.K., Ryazantseva T.P., *Trudy Amurskoy sel'skokhozyaystvennoy opytnoy stantsii*, Khabarovsk, 1968, T. 2, Vyp. 1, pp. 38–48. (In Russ.)
17. Fedin M.A., Silis D.YA., Smiryayev A.V., *Statisticheskiye metody geneticheskogo analiza* (Statistical methods of genetic analysis), Moscow: Kolos, 1980, 207 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-41-50
УДК 633.81/.85

НОВЫЙ СОРТ ЯРОВОГО РАПСА ДЛЯ УСЛОВИЙ СИБИРИ

[2,3]**В.П. Данилов**, кандидат сельскохозяйственных наук
[2,3]**Т.А. Садохина**, кандидат сельскохозяйственных наук
[2]**А.Ф. Петров**, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]**О.А. Познахарева**, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]**В.А. Ланин**, кандидат экономических наук
Н.В. Данилов, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Красноярск, Россия
[2]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
[3]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия
E-mail: sadohina78@yandex.ru

Ключевые слова: яровой рапс 00-типа, селекция, гибридизация, отбор, урожайность, зеленая масса, семян.

Реферат. *Представлены результаты создания перспективного селекционного номера ярового рапса №595 с присвоенным ему названием – сорт Ладный (создан в соавторстве КрасНИИСХ – ОП ФИЦ КНЦ СО РАН (г. Красноярск) и СФНЦА РАН (г. Новосибирск)). Сортообразец №595 получен от скрещивания сортообразца №198, являющегося сложным гибридом озимого рапбрюка (рапс х брюква) и сортов рапса Librador, Jet hef, K-4554 Gulliver, Tilde, Nora, Эмма, Кендл, Торкель, Дубравинский скороспелый, Hja 82470, Ужурский, Mary и сорта Ритм селекции ВНИИ рапса (г. Липецк). Сортообразец №595 среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 102-105 дней, комплексного направления использования – на зеленую массу и маслосемена. В конкурсном сортоиспытании 2020-2023 гг. в условиях лесостепи Причулымья урожайность зеленой массы сортообразца №595 составила 45,4 т/га, на уровне стандарта, сухого вещества – 8,6-9,4 т/га, кормовых единиц – 7,4-9,5 т/га. В зеленой массе содержится переваримого протеина – 18,2 г/кг, кальция – 2, 6 г/кг, фосфора – 0,56 г/кг, переваримого протеина на 1 кормовую единицу – 124,6 г, каротина – 154 мг/кг, урожайность семян – 2,22 т/га, что на 0,30 т/га, или на 13%, выше стандарта сорта Надежный 92, масличность семян – 41%, содержание белка – 28%. Новый сорт рекомендуется для возделывания в Западной и Восточной Сибири. Экологическое сортоиспытание сортообразца № 595 в 2021 г. на Уярском сортоучастке Красноярского края показало, что вегетационный период данного сортообразца был на уровне стандарта – 115 дней, урожайность семян – 1,61 т/га (на 64,3% выше стандарта сорта Надежный 92 – 0,98 т/га).*

A NEW SPRING RAPE VARIETY FOR SIBERIA CONDITIONS

[2,3] **V.P. Danilov,** PhD in Agricultural Sciences
[2,3] **T.A. Sadokhina,** PhD in Agricultural Sciences
[2] **A.F. Petrov,** PhD in Agricultural Sciences
[1] **O.A. Poznakhareva,** PhD in Agricultural Sciences
[1] **V.A. Lanin,** PhD in Economic Sciences
N.V. Danilov, PhD in Agricultural Sciences
[1] Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
[2] Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
[3] Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies RAS, settlement Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
Email: sadohina78@yandex.ru

Keywords: 00-type spring rape, breeding, hybridization, selection, productivity, green mass, seeds.

Abstract. *The results of the creation of a promising selection number of bright rapeseed No. 595 with the name assigned to it - the Ladny variety (created in collaboration with KSC SB RAS - Federal State Budgetary Institution Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Academy of*

Sciences of the Russian Federation" (FRBI FRC KSC SB RAS) (Krasnoyarsk) and SFRCA RAS (Federal State Budgetary Institution of Science Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Academy of Russian Sciences (from now on referred to as SFRCA RAS)) (Novosibirsk)). Variety sample No. 595, obtained as a result of crossing variety sample No. 198, which is a derivative hybrid of winter rapbruck (rape x WWba) and rapeseed variety Librador, Jet hef, K-4554 Gulliver, Tilde, Nora, Emma, Kendl, Torkel, Dubravinsky early ripening, Hja 82470, Uzhursky, Mary and varieties Rhythm selection of the All-Russian Research Institute of Rapeseed (Lipetsk). Variety sample No. 595 is mid-season; the growing season lasts 102-105 days for complex applications - for green mass and oilseeds. In the competitive variety testing 2020-2023. In the forest-steppe conditions of the Chulym region, the yield of green mass of variety sample No. 595 increased to 45.4 t/ha, at the level of the standard, dry matter - 8.6-9.4 t/ha, forage mass - 7.4-9.5 t/ha. The green mass contains digestible protein - 18.2 g/kg, ingredients - 2.6 g/kg, phosphorus - 0.56 g/kg, digestible protein per 1 feed unit - 124.6 g, carotene - 154 mg/kg seed yield – 2.22 t/ha, which is 0.30 t/ha, or 13%, higher than the standard of the Nadezhny 92 variety, seed oil content – 41%, protein content – 28%. The new variety is recommended for cultivation in Eastern Siberia and Eastern Siberia. Ecological variety testing of variety sample No. 595 in 2021 at the Uyarsky variety plot of the Krasnoyarsk Territory showed that the growing season of this variety sample was at the standard level - 115 days, seed yield - 1.61 t/ha (64.3% higher than the standard of the variety Reliable 92 - 0.98 t/ha).

Рапс – потенциально высокопродуктивная культура. Однако ее урожайность сильно зависит от почвенно-климатических условий и уровня культуры земледелия [1, 2]. Одной из основных задач селекции рапса в Сибири является создание сортов с укороченным периодом вегетации [3]. В условиях лесостепи Западной и Восточной Сибири гарантированно вызревают только скороспелые (вегетационный период 80–90 дней) и среднеспелые (90–110 дней) сорта. До недавнего времени основным направлением использования рапса было кормовое, что предопределяло создание сортов, способных накапливать большую биомассу, обладающую высокими кормовыми достоинствами, и с высоким качеством семян [4, 5]. Шрот и жмых, получаемые при переработке семян на масло, содержат до 42% белка, однако его ценность ограничивается наличием серосодержащих соединений – глюкозинолатов, которые в организме животных расщепляются на ядовитые продукты, отрицательно влияющие на щитовидную железу. Важную роль в уменьшении содержания глюкозинолатов играют селекционные методы. С появлением сортов 00-типа границы использования рапса значительно расширились, большое внимание селекционеры стали уделять качеству сортов.

При создании сортов рапса масличного направления использования основное внимание уделяется получению высокоурожайного селекционного материала с высоким содержанием масла и его улучшенным качеством, определяемым соотношением жирных кислот. Желательно высокое содержание олеиновой (до 70%) и линолевой (до 25%) кислот, полное отсутствие эруковой кислоты (согласно последнему стандарту, не более 1%) и низкое – глюкозинолатов (менее 15 мкмоль/г) [6, 7]. В настоящее время на территории России допущены к использованию только двухнулевые сорта рапса [8].

В последние годы возникли объективные условия для расширения площадей и увеличения производства семян рапса [9]. При создании новых экологически приспособленных к различным условиям произрастания сортов есть необходимость в разработке системы семеноводства и зональных технологий возделывания вновь созданных и переданных на государственное сортоиспытание сортов рапса. Поэтому комплексное изучение генофонда рапса, создание нового исходного материала, решение теоретических и практических вопросов селекции этой культуры, создание новых высокопродуктивных сортов и гибридов имеет актуальное значение [10, 11].

Цель селекционных работ – создать новый сорт ярового рапса 00-типа масличного направления использования, превосходящий стандарт по продуктивности на 10–15%, безэруковый, низкоглюкозинолатный, хорошо адаптированный к условиям Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Селекционные работы по рапсу проводились на полевом стационаре Восточно-Сибирского отдела Красноярского НИИСХ – обо-

собленного подразделения Красноярского научного центра СО РАН (до 2019 г. – Восточно-Сибирский отдел СибНИИ кормов). Климат зоны – резко-континентальный со значительными колебаниями температур в течение года и коротким безморозным периодом. Зима продолжительная и суровая, лето короткое и жаркое. Среднесуточная температура июня +16,1°С, самого теплого месяца – июля +18,2˚С (максимум +37°С), августа +14,2°С. Среднесуточная температура самого холодного месяца – января -23,6°С, абсолютный минимум -48°С. Для климата зоны характерен поздний возврат весенних и раннее наступление осенних заморозков. Среднегодовое количество осадков – 400 мм, за вегетационный период (май–сентябрь) – 256 мм. Основная масса осадков выпадает в летний период, на долю зимних осадков приходится 36% годовой нормы. Мощность снежного покрова небольшая, на открытых повышенных местах снег сдувается, почва обнажается и промерзает на большую глубину. Из-за глубокого промерзания почва медленно и поздно оттаивает. Накопление влаги в пахотном слое в значительной степени зависит от осенних осадков, зимние осадки весной почти не впитываются в мерзлую землю. Май обычно довольно засушливый, дождей выпадает 27 мм, что составляет 10% осадков вегетационного периода. Дневные температуры второй и третьей декад мая достаточно высокие, +16…+18ºС, иногда до +25ºС, что зачастую усугубляет почвенный недостаток влаги. Нередко дует сильный ветер, поднимая пыль и вызывая эрозию почвы [10].

Лето обычно среднеувлажненное, пик осадков приходится на июль (27%) – начало августа, на период цветения и налива семян, что способствует формированию полноценного урожая. В целом вегетационный период в зоне имеет достаточные условия тепловлагообеспеченности для роста и развития растений, гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову за май-август составляет 1,24 [12, 13].

Селекционный материал ярового рапса был создан и изучался в различных погодных условиях, способствовавших более полной оценке продуктивного потенциала и других хозяйственно-ценных признаков. Дефицит влаги отмечался в начале вегетационного периода 2018 г. (ГТК 1,07), оптимально обеспеченными влагой (ГТК 1,0–1,5) были 2019 и 2021–2023 гг. (ГТК 1,11–1,31), избыточно увлажненным – 2017 г. (ГТК 1,75), экстремально увлажненным – 2020 г., когда осадков за вегетационный период выпало 471 мм, что в 1,8 раза (на 215,2 мм) выше среднемноголетних показателей (ГТК 2,01).

Почва опытного участка − чернозем обыкновенный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном горизонте 7,8–8,0%. Обеспеченность почвы легкорастворимым азотом высокая (22,5–42,9 мг/кг), подвижным фосфором (по Чирикову) – средняя (5,4–28,3 мг/100 г), обменным калием по Чирикову – высокая (26,3–36,1 мг/100 г сухой почвы). Реакция почвенного раствора близка к нейтральной – pH 6,8–7,1.

Методы создания селекционного материала – межвидовая и межсортовая гибридизация, инбридинг, отборы в полевых и лабораторных условиях. Исходный материал изучали в коллекционном питомнике, оценку в селекционных, контрольных питомниках и конкурсном сортоиспытании проводили по общепринятым методикам для капустовых (крестоцветных) культур [14, 15].

В селекционном, контрольном и питомнике экологического сортоиспытания рапс яровой высевали вручную на делянках 0,6–2,4 м^2 в селекционном питомнике, 4,8 м^2 – в контрольном и питомнике экологического сортоиспытания, повторность трехкратная, контроль – сорт Надежный 92. После появления всходов рапс в рядках прорывали, оставляя в рядке 14–16 растений. В течение вегетации делянки регулярно пропалывали, обрабатывали инсектицидами против вредителей, все учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам. Убирали вручную, после дозревания и высыхания снопы обмолачивали и семена очищали в лабораторных условиях на ситах.

При конкурсном и производственном сортоиспытании рапс высевали сеялкой СН-16 с нормой высева 3 млн всхожих семян на 1га (8–10 кг/га), размер делянки 29,7 м^2, повторность четырехкратная, контроль – сорт Надежный 92. В течение вегетации проводили регулярные прополки дорожек, химобработку инсектицидом против крестоцветной блошки (по всходам) и рапсового цветоеда (в фазе бутонизации), в фазе розетки (до бутонизации)

во второй декаде июня – баковой смесью гербицидов против сорняков. В течение вегетации наблюдали за фазами роста и развития рапса, проводили учет зеленой массы и семян, другие наблюдения согласно методике. Уборку семян проводили комбайном «Сампо-130». Обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием ПК с помощью пакета прикладных программ SNEDECOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первая гибридная комбинация селекционного номера № 595 была получена в 2006 г., дальнейшее создание и изучение селекционного материала проходило в 2007–2019 гг. в Восточно-Сибирском отделе СибНИИ кормов СФНЦА РАН, в 2020–2023 гг. – в Восточно-Сибирском отделе КрасНИИСХ – ОП ФИЦ КНЦ СО РАН, расположенном в лесостепной зоне Красноярского края.

Сортообразец № 595 получен от скрещивания сортообразца № 198, являющегося сложным гибридом озимого рапбрюка (рапс х брюква) и сортов рапса Librador, Jet hef, K-4554 Gulliver, Tilde, Nora, Эмма, Кендл, Торкель, Дубравинский скороспелый, Hja 82470, Ужурский, Mary и сорта Ритм селекции ВНИИ рапса (г. Липецк). Скрещивание проведено 14 июля 2006 г. Полная схема скрещивания: № 595: ♀№198 х ♂Ритм х ♀ Оз. рапбрюк х ([(Librador х {([{Jet hef х [(K-4554 Gulliver х Tilde) х Nora]} х {Jet hef х [(Эмма х Кендл) х Торкель]} х Дубравинский] х (Hja 81733 х Hja 82470)) х ([{Jet hef х [(K-4554 Gulliver х Tilde) х Nora]} х {Jet hef х [(Эмма х Кендл) х Торкель]} х Дубравинский] х (Nora х Hja 82470))}] х [Librador х {(Mary х Hja 82470) х (Ужурский х Nora)}]) х ♂ Ритм.

В 2007 г. гибрид был посеян в питомнике исходного материала. Поскольку в его родословной есть озимые формы рапса, у селекционного номера № 595 было сильное расщепление, поэтому для дальнейшей работы было отобрано несколько наиболее продуктивных растений, которые впоследствии изучались в селекционных питомниках. За 2007–2020 гг. было проведено несколько этапов инбридинга и отборов элитных растений до полной стабилизации генотипа. В 2013–2017 гг. сортообразец № 595 изучался в контрольном питомнике, в 2018–2023 гг. – в конкурсном, производственном и экологическом сортоиспытании. Перспективному селекционному номеру ярового рапса № 595 авторами было присвоено название сорт Ладный. Авторы сорта: О.А. Познахарева, Н.В. Данилов, В.А. Ланин (КрасНИИСХ – ОП ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск), В.П. Данилов (СибНИИ кормов СФНЦА РАН, г. Новосибирск).

За время работы с номером вегетационный период сократился на 6–28 дней – с 112–126 до 98–106 дней. Семенная продуктивность почти на всех этапах была высокой – 119,5–235,8 г/м^2. К 2016 г. номер № 595 был выравненным, не расщеплялся, урожайность семян была высокой – 295,8 г/м^2, и эти семена были использованы для размножения и посева контрольного питомника в 2017 г., а впоследствии для закладки конкурсного сортоиспытания (табл. 1).

В контрольном питомнике сортообразец начали изучать с 2013 г. (табл. 2).

Таблица 1

Урожайность семян сортообразца № 595 в селекционных питомниках (2007–2020 гг.)
Seed yield of variety sample No. 595 in breeding nurseries (2007–2020)

Питомник	Год	Поколение, F	Вегетационный период, дней	Урожайность, г/м^2	Масса изолятора, г
1	2	3	4	5	6
Питомник исходного материала	2007	F_2	102	650,0	-
Селекционный питомник	2008	F_3	126	119,5	1,8
Питомник исходного материала	2009	F_2	112	4,2	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Селекционный питомник	2010	F_3	115	60,4	-
Селекционный питомник	2011	F_4	116	222,2	34,0
Питомник исходного материала	2012	F_2	106	130,0	2,54
Селекционный питомник		F_3-F_4	106	186,1	0,51
Питомник исходного материала	2014	F_2	98	19,2	
Селекционный питомник	2015	F_3-F_4	98	202,2	
Селекционный питомник	2016	F_3	106	295,8	0,32
Селекционный питомник	2017	F_4	104	82,8	0,53
Питомник исходного материала	2020	F_2	100	235,8	

Таблица 2

Продуктивность сортообразца № 595 в контрольном питомнике (средняя за 2013–2017 гг.)
Productivity of variety sample No. 595 in the control nursery (average for 2013–2017)

Сортообразец	Вегетационный период, дней	Высота, см	Урожайность, т/га			Масса 1000 семян, г
			зеленой массы	сухого вещества	семян	
Надежный 92 (стандарт)	104	104	40,7	7,26	1,57	3,24
№595	106	114	46,1	7,99	1,99	3,50
Прибавка к стандарту	2	10	5,4	0,73	0,42	0,26

Вегетационный период у сортообразца № 595 был на 2 дня длиннее, чем у стандарта Надежный 92 (106 дней). За годы изучения в контрольном питомнике по кормовой и семенной продуктивности № 595 превышал сорт Надежный 92. Урожайность зеленой массы варьировала в пределах 41,7–61,6 т/га, в среднем 46,1 т/га, что на 13% выше стандарта, сбор сухого вещества – 6,17–10,87 т/га, в среднем 7,99 т/га (на 0,73 т/га выше стандарта), растения более высокорослые – 96–129 см. Урожайность семян варьировала в пределах 0,63–2,91 т/га, в среднем 1,99 т/га (на 27% выше стандарта), семена также более крупные, масса 1000 семян в среднем 3,5 г.

Впервые конкурсное сортоиспытание сортообразца № 595 провели в 2014–2015 гг. По его результатам, сортообразец № 595 существенно превышал стандарт по урожайности зеленой массы и семян, однако наблюдалось расщепление, было много «выскочек». После дополнительных отборов и инбридинга селекционный номер № 595 был стабилизирован, в 2018–2023 гг. опыт повторили.

В 2014–2015 гг. сортообразец № 595 по кормовой продуктивности существенно превышал стандарт Надежный 92. Урожайность зеленой массы составила 48,8–67,0 т/га (на 14,3–67,1% выше стандарта), сбор сухого вещества 9,62–11,28 т/га (на 15,6–47,8% выше стандарта). После стабилизации генотипа № 595 посевы стали выравненными, «выскочек» не стало, высота растений была на уровне сорта Надежный 92 – 112 см. В среднем за 5 лет изучения урожайность зеленой массы у № 595 была 50,4 т/га (на 16% выше стандарта), сбор сухого вещества – 9,36 т/га (на 12% выше стандарта). При уборке на корм у сортообразца № 595 было много хорошо сформированных стручков, поэтому суммарное содержание ли-

стьев и соцветий высокое – 61,6% (на 4,1% выше, чем у Надежного 92), стеблей – 38,4% (табл. 3).

Урожайность зеленой массы № 595 за 2020–2023 гг. исследований варьирует в пределах 40,0–52,8 т/га, в среднем 45,4 т/га, сбор сухого вещества – 7,93–9,05 т/га, в среднем 8,63 т/га. Качество зеленой массы высокое, протеина в абсолютно сухом веществе – 13,9%, содержание сухого вещества в зеленой массе 18,9%.

Таблица 3

Кормовая продуктивность сортообразца № 595 в конкурсном сортоиспытании (2014–2023 гг.)
Feed productivity of variety sample No. 595 in competitive variety testing (2014–2023)

Показатель	Надежный 92, стандарт	Сортообразец № 595	Прибавка к стандарту, ±	$НСР_{05}$
Высота растений	112	112	0	-
Суммарное содержание листьев и соцветий, %	57,5	61,6	+4,1	-
Урожайность зеленой массы, т/га				
2014 г.	42,7	48,8	+6,1	5,1
2015 г.	40,1	67,0	+26,9	7,9
2020 г.	47,2	52,8	+5,6	11,3
2022 г.	42,6	40,0	-2,6	7,4
2023 г.	44,7	43,3	-1,4	3,8
средняя	43,5	50,4	+6,9	-
Сбор сухого вещества, т/га				
2014 г.	8,32	9,62	+1,30	1,05
2015 г.	7,63	11,28	+13,65	1,37
2020 г.	8,40	8,92	+0,52	2,11
2022 г.	8,74	7,93	-0,81	1,05
2023 г.	8,66	9,05	+0,39	0,78
средний	8,35	9,36	+1,01	-

Кормовая ценность зеленой массы сортообразца № 595 высокая, в 1 кг зеленой массы кормовых единиц – 0,148 г, переваримого протеина – 18,18 г, кальция (Са) – 2,61 г, фосфора (P_2O_5) – 0,56 г, переваримого протеина в 1 к. ед. – 124,6 г, каротина – 154,0 мг/кг абсолютно сухого вещества, значительной разницы в кормовой ценности между сортообразцом № 595 и стандартом Надежный 92 нет.

В 2014–2020 гг. сбор кормовых единиц с 1 га у сортообразца № 595 составил 7,39–9,25 т, в среднем 8,23 т (на 23,7% выше стандарта), переваримого протеина – 0,80–1,15 т, в среднем 1,02 т (выше стандарта на 18,6%).

За 2014–2015 и 2020–2023 гг. исследований продолжительность вегетационного периода сортообразца № 595 была на уровне сорта Надежный 92 – 103–105 дней, самый длительный период «всходы–начало цветения» – 42–43 дня, продолжительность цветения – 28–29 дней, «конец цветения – созревание» – 32 дня. Сортообразец среднеспелый, созревает 9–15 сентября, уборка проводится обычно в третьей декаде сентября, когда семена и растения хорошо просохнут.

Урожайность семян сортообразца № 595 за пять лет исследований варьировала в пределах 1,37–2,58 т/га, в среднем 2,01 т/га (на 17,5% выше стандарта Надежный 92 – 1,71 т/га).

В конкурсном сортоиспытании 2020–2023 гг. урожайность семян сортообразца № 595 варьировала в пределах 1,56–2,58 т/га, в среднем 2,22 т/га (на 12,6% превышает по урожайности стандарт сорт Надежный 92 – 1,97 т/га).

Высота растений сортообразца № 595 – на уровне стандарта (110 см), общая длина рас-

тений, включая ветви – 351 см (+29 см к стандарту), количество ветвей первого порядка – 7 шт., на 1 шт. больше, чем у стандарта, стручок крупнее, чем у рапса ярового Надежный 92: длина – 67 мм, ширина – 4,6 мм. Более высокая урожайность семян сортообразца № 595 обусловлена большим количеством стручков на растении – 138 шт. (+ 37 шт. к стандарту), количеством семян в стручке – 23 шт. (+2 шт.), большей массой семян с 1 растения – 7,4 г (+1,8 г) и массой 1000 семян – 3,61 г (+0,09 г к стандарту).

В 2022–2023 гг. было начато производственное сортоиспытание и селекционное размножение перспективного сортообразца ярового рапса № 595 (рис. 1).

Рис. 1. Сортообразец ярового рапса №595 в фазе цветения и созревания
Sample of bright rapeseed No. 595 in the flowering and weather phase

В 2022 г. в производственном сортоиспытании образец № 595 был посеян 13 мая, семена попали в верхний сухой слой почвы, поэтому всходы появились только на 22-й день после посева – 4 июня и были ослабленными, изреженными, а вследствие июньской засухи первой половины месяца росли и развивались медленно. В начале сентября заморозки повредили еще не вполне созревшие семена, было много морозобойных, щуплых, с пониженной всхожестью и низкой массой 1000 семян (2,7 г), урожайность семян сортообразца по сравнению с сортом Надежный 92, который развивался в более благоприятных условиях, была довольно низкой – всего 1,50 т/га. В 2023 г. с площади 0,5 га посева сортообразца № 595 после уборки было получено 6 ц семян, урожайность – 1,20 т/га, после очистки получено 5 ц семян с всхожестью 96% для дальнейшей селекционной работы и сортоиспытания.

Экологическое сортоиспытание сортообразца № 595 проводили в 2021 г. на Уярском сортоучастке Красноярского края. Вегетационный период его был на уровне стандарта – 115 дней, урожайность семян – 1,61 т/га (на 64,3% выше стандарта сорта Надежный 92 – 0,98 т/га).

Сортообразец рапса ярового № 595 (сорт Ладный) относится к роду *Brassica* L., виду *Brassica napus* L. var. *oleifera annua*, сем. Brassicaceae. Однолетник. Всходы зеленые, без антоциана. Розетка раскидистая. Корень стержневой, веретеновидный, с утолщением в верхней части и хорошо разветвленный в пахотном слое, глубоко проникающий в землю.

Форма куста полусомкнутая. Стебель цилиндрический, прямостоячий, гладкий, без ан-

тоциана, высотой 105–125 см, ветвей первого порядка 6–7 шт., общая длина растения, включая боковые ответвления, – 337 см.

Листья очередные, слаборассеченные, покрыты восковым налетом, зеленые, без антоциана. Нижние листья черешковые, лирово-перистонадрезанные с округлой верхней долей; средние – черешковые, удлиненно-копьевидные; верхние – ланцетные, охватывают стебель на 1/3–2/3.

Соцветие – кисть, цветки ярко-желтые, с медовым запахом, цветение начинается с нижней части соцветия. Плод – двухстворчатый цилиндрический стручок, гладкий, без опушения, слабобугорчатый, пленчатая перегородка заканчивается бессемянным шиловидным носиком, длина стручка с носиком – 67 мм, длина носика 9 мм, ширина стручка 4,6 мм, количество стручков на растении – 138 шт.

Семена овально-округлые, темно-коричневого цвета, в стручке 23 шт., масса 1000 семян 3,6 г, масличность – 41%, содержание белка – 28% (рис. 2).

Селекционный номер № 595 устойчив к полеганию, выровненный, хорошо адаптирован к условиям Сибири. Сорт комплексного направления использования, способен формировать высокие урожаи зеленой массы и семян. Урожайность зеленой массы за годы исследований – 45,4–50,4 т/га, сухого вещества – 8,63–9,36 т/га, кормовых единиц 7,39–9,25 т/га, переваримого протеина в зеленой массе 18,2 г/кг, кальция – 2, 6 г/кг, фосфора – 0,56 г/кг, переваримого протеина в 1 к. ед. – 124,6 г, каротина – 154 мг/кг.

Рис. 2. Стручки и семена сортообразца ярового рапса №595
Pods and seeds of the bright rapeseed variety No. 595

Среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 103–105 дней. Урожайность семян 2,01–2,22 т/га. Рекомендуется для возделывания в условиях лесостепной зоны Западной и Восточной Сибири.

ВЫВОДЫ

1. Работа по созданию нового сорта ярового рапса проводилась по полной схеме селекционного процесса, основные методы создания селекционного материала – межвидовая и межсортовая гибридизация, инбридинг, отборы в полевых и лабораторных условиях.

2. Перспективный селекционный номер ярового рапса № 595 с присвоенным ему названием – сорт Ладный создан в соавторстве КрасНИИСХ – ОП ФИЦ КНЦ СО РАН (г. Красноярск) и СФНЦА РАН (г. Новосибирск). Сортообразец № 595 получен от скрещивания сортообразца № 198, являющегося сложным гибридом озимого рапбрюка (рапс х брюква) и сортов рапса Librador, Jet hef, K-4554 Gulliver, Tilde, Nora, Эмма, Кендл, Торкель, Дубравин-

ский скороспелый, Hja 82470, Ужурский, Mary и сорта Ритм селекции ВНИИ рапса (г. Липецк).

3. Яровой рапс №595 – среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 102–105 дней, на уровне районированного сорта Надежный 92.

4. Сортообразец № 595 имеет комплексное направление использования – на зеленую массу и маслосемена. В конкурсном сортоиспытании 2020–2023 гг. в условиях лесостепи Причулымья урожайность зеленой массы сортообразца № 595 составила 45,4 т/га, на уровне стандарта, урожайность семян – 2,22 т/га, что на 0,30 т/га, или на 13%, выше стандарта сорта Надежный 92, масличность семян – 41%, содержание белка – 28%. Новый сорт рекомендуется для возделывания в Западной и Восточной Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С.* Результаты экологического испытания сортов и гибридов рапса ярового в условиях Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (34). – С. 43–50.
2. *Артемов И.В., Карпачев В.В.* Рапс масличная и кормовая культура. – Липецк, 2005. – 144 с.
3. *Старикова Д.В., Горлова Л.А.* Влияние условий региона возделывания на продолжительность вегетационного периода у различных генотипов рапса ярового селекции ВНИИМК // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сб. мат. 12-й Междунар. конф. молодых учёных и специалистов. – Краснодар, 2023. – С. 274–278. – DOI: 10.25230/conf12-2023-274-278.
4. *Кузнецова Г.Н., Полякова Р.С.* Экологическая оценка сортов рапса ярового в различных условиях возделывания // Масличные культуры. – 2020. – № 3 (183). – С. 58–62. – DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-58-62.
5. 5. *Integrated* strategies for increasing rapeseed yield / M. Zheng, W. Terzaghi, H. Wang, W. Hua // Trends Plant Sci. – 2022, Aug. – Vol. 27 (8). – P. 742–745. – DOI: 10.1016/j.tplants.2022.03.008.
6. *Масло* из рапса с пониженным содержанием антипитательных веществ в рационах бычков / Т.Л. Сапсалёва, В.Ф. Радчиков, В.П. Цай, А.М. Глинкова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 182–186.
7. *Effect* of rapeseed meal degraded by enzymolysis and fermentation on the growth performance, nutrient digestibility and health status of broilers / P. Li, X. Ji, X. Deng [et al.] // Arch Anim Nutr. – 2022, Jun-Dec. – Vol. 76 (3–6). – P. 221–232. – DOI: 10.1080/1745039X.2022.2162801. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36645048.
8. *История* селекции рапса ярового во ВНИИМК (обзор) / Э.Б. Бочкарева, Л.А. Горлова, В.В. Сердюк, Е.А. Стрельников // Масличные культуры. – 2023. – № 3 (195). – С. 88–97. – DOI:10.25230/2412-608X-2023-3-195-88-97.
9. *Осипова Г.М., Познахарева О.А.* Особенности селекции и перспективы использования нового сорта ярового рапса 00-типа Сибирский // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 7, № 4. – С. 151–155.
10. *Познахарева О.А.* Селекция ярового рапса в условиях лесостепи Причулымья: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2007. – 18 с.
11. *Кашеваров Н.И., Осипова Г.М., Данилов Н.В.* О состоянии и перспективах производства и переработки семян ярового рапса в Сибири // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана: материалы 10-й Междунар. конф. по науч. обеспечению азаит. территорий (г. Улан-Батор, 3-6 июля 2007 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2007. – С. 381–392.
12. *Климат* Красноярска / под ред. Ц.А. Швер, А.С. Герасимовой. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 229 с.
13. *ВНИИ* гидрометеорологической информации: http://www/meteo.ru.
14. *Куделич В.С., Шпота В.И., Бек Т.В.* Классификатор вида *Brassica narus L.* (рапс). – Л.: ВАСХНИЛ, ВИР, ВНИИМК, 1983. – 20 с.
15. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур при МСХ СССР. – М.: Колос, 1985. – Вып. 1. – 267 с.

REFERENCES

1. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 2 (34), pp. 43–50. (In Russ.)
2. Artemov I.V., Karpachev V.V., *Raps maslichnaya i kormovaya kul'tura* (Rapeseed oilseed and fodder crop), Lipetsk, 2005, 144 p.
3. Starikova D.V., Gorlova L.A., *Aktual'nye voprosy biologii, selektsii, tekhnologii vozdelyvaniya i pererabotki sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Current issues of biology, selection, technology of cultivation and processing of agricultural crops), Proceedings of the Conference Title, Krasnodar, 2023, pp. 274–278, DOI: 10.25230/conf12-2023-274-278. (In Russ.)
4. Kuznetsova G.N., Polyakova R.S., *Maslichnye kul'tury*, 2020, No. 3 (183), pp. 58–62, DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-58-62. (In Russ.)
5. Zheng M., Terzaghi W., Wang H., Hua W., Integrated strategies for increasing rapeseed yield, *Trends Plant Sci*, 2022, Aug., Vol. 27 (8), pp. 742–745, DOI: 10.1016/j.tplants.2022.03.008.
6. Sapsaleva T.L., Radchikov V.F., Tsay V.P., Glinkova A.M., *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*, 2014, T. 2, No. 7, S. 182–186. (In Russ.)
7. Li P., Ji X., Deng X. [et al.], Effect of rapeseed meal degraded by enzymolysis and fermentation on the growth performance, nutrient digestibility and health status of broilers, *Arch Anim Nutr*., 2022, Jun-Dec, Vol. 76 (3–6), pp. 221–232, DOI: 10.1080/1745039X.2022.2162801. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36645048.
8. Bochkareva E.B., Gorlova L.A., Serdyuk V.V., Strel'nikov E.A., *Maslichnye kul'tury*, 2023, No. 3 (195), pp. 88–97, DOI:10.25230/2412-608X-2023-3-195-88-97. (In Russ.)
9. Osipova G.M., Poznakhareva O.A., *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya*, 2017, T. 7, No. 4, pp. 151–155. (In Russ.)
10. Poznakhareva O.A., *Selektsiya yarovogo rapsa v usloviyakh lesostepi Prichulym'ya* (Selection of spring rapeseed in the forest-steppe conditions of the Chulym region), Novosibirsk, 2007, 18 p.
11. Kashevarov N.I., Osipova G.M., Danilov N.V., *Nauchnoe obespechenie APK Sibiri, Mongolii i Kazakhstana* (Scientific support of the agro-industrial complex of Siberia, Mongolia and Kazakhstan), Proceedings of the Conference Title, RASKhN. Sib. otd-nie, Novosibirsk, 2007, pp. 381–392. (In Russ.)
12. *Klimat Krasnoyarska* (Climate of Krasnoyarsk), Pod red. Ts.A. Shver, A.S. Gerasimovoy, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982, 229 p.
13. VNII Gidrometeorologicheskoy informatsii: http://www/meteo.ru.
14. Kudelich V.S., Shpota V.I., Bek T.V., *Klassifikator vida Brassica narus L. (raps)* (Classifier of the species Brassica narus L. (rapeseed)), Leningrad: VASKhNIL, VIR, VNIIMK, 1983, 20 p.
15. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (Methodology for state variety testing of agricultural crops), Goskomissiya po sortoispytaniyu s.-kh. kul'tur pri MSKh SSSR, Moscow: Kolos, 1985, Vyp. 1, 267 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-51-58
УДК 634.74: 581.19

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА ПЛОДОВОЙ МЯКОТИ И СЕМЯН ОБЛЕПИХИ АЛТАЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

А.Я. Долженко, кандидат сельскохозяйственных наук
Ю.А. Зубарев, кандидат сельскохозяйственных наук
А.В. Гунин, кандидат сельскохозяйственных наук
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Барнаул, Россия
E-mail: anna-krysova@mail.ru

Ключевые слова: облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.), плоды, жирные кислоты, анализ, вариация, фармакологическая ценность.

Реферат. *Плоды облепихи (Hippophae rhamnoides L.) являются ценным сырьем для пищевой и фармацевтической промышленности благодаря наличию в плодовой мякоти и семенах значительного количества масла, отличающегося уникальным сочетанием компонентов. Базовой субстанцией масла является комплекс жирных кислот, состав которых хорошо изучен для большинства генотипов, однако в группе сортов облепихи алтайской селекции подобных исследований не проводилось. Целью данного исследования являлось проведение сравнительной оценки жирнокислотного состава мякоти плодов и семян облепихи селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко. Объектом изучения были плоды 13 сортов облепихи, относящейся к подвиду Hippophae rhamnoides ssp. mongolica, собранные в 2014–2015 гг. в фазу полной спелости на экспериментальных участках НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, которые расположены в лесостепи Алтайского края. Определение жирнокислотного состава проводили в плодовой мякоти и семенах облепихи методом газовой хроматографии. В плодовой мякоти облепихи выявлено шесть жирных кислот, существенно различающихся по процентному содержанию. Превалирующими являются пальмитиновая (C16:0) и пальмитолеиновая кислоты (C16:1), на долю которых приходится более 80% от всех жирных кислот. Наименьшее количество составляют стеариновая (C18:0) и линоленовая (C18:3) кислоты (2,32%). В масле семян облепихи преобладают ненасыщенные жирные кислоты (более 90%): олеиновая (C18:1), линолевая (C18:2) и линоленовая и присутствует цис-вакценовая кислота (C18:1-n7). Большую долю в среднем по сортам составляет линолевая кислота (40,93%). Содержание пальмитолеиновой кислоты в масле семян составляло 0,29%, пальмитиновой – 6,95, стеариновой – 2,04% от суммы кислот.*

FATTY ACID COMPOSITION OF FRUIT PULP OIL AND SEEDS OF SEA BUCKTHORN SELECTION

A.I. Dolzhenko, PhD in Agricultural Sciences
Yu.A. Zubarev, PhD in Agricultural Sciences
A.V. Gunin, PhD in Agricultural Sciences
Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia
E-mail: anna-krysova@mail.ru

Keywords: sea buckthorn (Hippophae Rhamnoides L.), fruits, fatty acids, analysis, variation, pharmacological value.

Abstract. *Sea buckthorn fruits (Hippophae rhamnoides L.) are valuable raw materials for the food and pharmaceutical industries due to the significant amount of oil in the fruit pulp and seeds, characterized by a unique combination of components. The primary substance of the oil is a complex of fatty acids, the composition of which has been well-studied for most genotypes. Still, studies have not been carried out in the group of sea buckthorn varieties of Altai selection. This study aimed to compare the fatty acid composition of the pulp of fruits and seeds of sea buckthorn selection by the Research Institute of Horticulture of Siberia, named after M.A. Lisavenko. The object of the study was the fruits of 13 sea buckthorn varieties belonging to the subspecies Hippophae rhamnoides ssp. mongolica, collected in 2014–2015. in the phase of full ripeness at the experimental sites of the Research Institute of Horticulture of Siberia, named after M.A. Lisavenko, is located in the forest-steppe of the Altai Territory. Determination of fatty acid composition was carried out in fruit pulp and sea buckthorn seeds using gas chromatography. Six fatty acids were identified in the fruit pulp of sea buckthorn, differing significantly*

in percentage. The predominant ones are palmitic (C16:0) and palmitoleic acids (C16:1), which account for more than 80% of all fatty acids. The most minor amounts are stearic (C18:0) and linolenic (C18:3) acids (2.32%). Sea buckthorn seed oil is dominated by unsaturated fatty acids (more than 90%): oleic (C18:1), linoleic (C18:2) and linolenic acid, and cis-vaccenic acid (C18:1-n7) are present. The largest share on average for varieties is linoleic acid (40.93%). The content of palmitoleic acid in the seed oil was 0.29%, palmitic acid – 6.95%, and stearic acid – 2.04% of the total acids.

Облепиха крушиновая (*Hippophae rhamnoides* L.) относится к семейству лоховых (Elaeagnaceae L.). Её плоды богаты витаминами С, А, Е, К, органическими кислотами, аминокислотами, жирными кислотами, каротиноидами (ликопин, β-каротины, зеаксантин) и флавоноидами (кверцетин, кемпферол, изорамнетин, мирицетин) [1–3]. К отличительным свойствам плодов облепихи относится способность их накапливать масла как в семенах, так и плодовой мякоти. Ценность масла заключается в его уникальном составе и содержании биологически активных соединений, в том числе фитостеролов, каротиноидов и токоферолов [4–6]. Главным компонентом облепихового масла являются жирные кислоты, содержание которых достигает 80%. Основная доля в их составе приходится на эфиры глицерина, тритерпенолов, жирных спиртов, стеролов. В настоящее время учеными идентифицировано 20 жирных кислот, входящих в масло облепихи. Их состав существенно различается в зависимости от того, получены ли они из плодовой мякоти или из семян облепихи. Как правило, содержание полиненасыщенных жирных кислот выше в семенах, в то время как насыщенных и мононенасыщенных – в плодовой мякоти. Пальмитолеиновая (С16:1), пальмитиновая (С16:0) и олеиновая (С18:1) жирные кислоты являются основными в масле плодовой мякоти [3, 7, 8], в семенах – линолевая (С18:2) и линоленовая (С18:3) кислоты – до 42 и 39% соответственно, что отличает его от полиненасыщенного состава жирных кислот основных растительных масел [7, 9–11].

Имеющиеся в научной литературе данные свидетельствуют о положительном влиянии жирных кислот на здоровье человека [12]. Сбалансированный состав жирных кислот масла облепихи оказывает благоприятное влияние на кожу человека [13]. В частности, линолевая и пальмитиновые ненасыщенные кислоты, входящие в состав облепихового масла, участвуют в процессах регенерации и восстановления кожи [14, 15]. Британскими учеными выявлено, что масло с высоким содержанием пальмитиновой кислоты (более 30%) участвует в регулировании обмена липидов и глюкозы, стимулировании действия инсулина в мышцах, снижении уровня триацилглицеринов в клетках печени [16, 17]. Установлено положительное влияние масла на сердечно-сосудистую систему, олеиновой кислоты – на уровень холестерина и риск возникновения инсультов и инфарктов [18]. Отмечая значительную роль индивидуальных жирных кислот в протекании и регулировании процессов в организме человека и высокое содержание масла в плодах облепихи, констатируем, что вопросы исследования состава и концентрации жирных кислот в масле облепихи представляют несомненный интерес.

Анализируя литературные источники по рассматриваемому вопросу, отмечаем, что исследований жирнокислотного состава плодов облепихи различных подвидов и собранных из разных зон произрастания, достаточно много. Тем не менее комплексного анализа содержания жирных кислот в сортах облепихи селекции Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко (НИИСС), созданных на основе подвида *H. rhamniodes* ssp. *mongolica*, на достаточно высоком уровне не проводилось. Аналогичные исследования нами проведены в 2014 г., по результатам которых в плодовой мякоти и семенах образцов облепихи различного происхождения определен качественный состав масла [19]. Продолжая исследования в этом направлении, мы проанализировали жирнокислотный состав новых и наиболее перспективных сортов облепихи селекции НИИСС.

Цель исследований – провести сравнительную оценку жирнокислотного состава мякоти плодов и семян облепихи селекции НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования выбраны плоды 13 сортов облепихи селекции НИИСС, относящейся к подвиду *H. rhamniodes* ssp. *mongolica*. Плоды собраны в фазу полной спелости на экспериментальных участках НИИСС, расположенных в лесостепи Алтайского края. Годы сбора образцов – 2014-й, 2015-й.

Состав основных жирных кислот определен в замороженных плодах (семенах и мякоти) в лаборатории UBF GmbH (Германия). Использовали методы, применяемые в странах Европейского союза [20, 21]. Экстракцию проводили петролейным эфиром. Получение метиловых эфиров осуществляли с применением гидроксида триметилсульфония (TMSH).

Проведение анализов осуществляли на газовом хроматографе Shimadzu GC-14 A, оснащенном пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой SP 2380 0,25 мм × 30 м с использованием в качестве неподвижной фазы силикагеля (0,25 мкм). Анализ проводили при скорости потока гелия 20 см³/с, температуре колонки 75°С, инжектора и детектора – 250°С. Жирные кислоты идентифицировали по времени удерживания при разделении стандартных смесей этих веществ (Supelco 37 Component FAME Mix. Lot Nummer XA10868V) и оценивали в процентах от их общего содержания.

Результаты исследований обработаны с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel по общепринятым методикам математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа жирнокислотного состава масла плодовой мякоти изучаемых сортов облепихи установлено, что оно содержит шесть жирных кислот: пальмитолеиновую (С16:1), пальмитиновую (С16:0), линолевую (С18:2), олеиновую (С18:1), стеариновую (С18:0) и линоленовую (С18:3) (табл. 1).

Таблица 1

Состав жирных кислот масла плодовой мякоти изучаемых сортов облепихи (2014–2015 гг.)
Composition of fatty acids in fruit pulp oil of the studied sea buckthorn varieties (2014–2015)

Сорт	Содержание жирных кислот, % от суммы кислот					
	С16:0	С16:1	С18:0	С18:1	С18:2	С18:3
Августина	26,09±7,81	47,84±8,58	2,47±0,97	9,46±0,50	13,50±0,59	0,64±0,64
Ажурная	29,16±1,20	37,58±1,16	2,81±1,38	15,07±2,05	14,30±0,59	1,09±0,47
Алтайская	36,16±5,08	44,27±5,17	1,41±0,33	7,23±1,05	10,65±1,19	0,28±0,28
Елизавета	31,53±8,28	48,03±7,77	2,22±0,60	6,78±1,15	11,12±0,91	0,33±0,30
Жемчужница	30,99±6,36	47,91±4,66	1,34±0,32	8,49±1,31	10,86±0,48	0,41±0,41
Злата	29,76±5,87	51,17±5,59	1,27±0,26	5,47±0,95	11,83±1,48	0,51±0,51
Иня	28,81±10,07	50,97±11,45	1,70±0,20	6,08±0,81	12,13±0,46	0,31±0,31
Клавдия	31,37±8,87	52,13±10,94	1,54±0,13	5,63±1,02	8,84±0,68	0,51±0,51
Огниво	34,80±3,55	40,83±5,24	1,65±0,33	8,42±0,64	13,80±2,14	0,52±0,52
Сударушка	32,93±6,87	42,97±8,88	1,43±0,10	7,73±0,03	14,57±1,75	0,38±0,38
Чуйская	42,53±0,45	35,73±0,40	1,97±0,73	6,70±0,98	12,78±0,57	0,29±0,29
Эссель	33,21±3,52	42,77±4,35	1,30±0,30	8,89±0,75	13,36±1,42	0,46±0,46
Этна	27,97±8,78	47,42±10,92	1,69±0,15	8,81±0,64	12,50±1,31	1,62±1,62
X±m	31,95±0,95	45,36±1,16	1,75±0,11	8,06±0,55	12,33±0,37	0,57±0,09
Min–max	26,09–42,53	35,73–52,13	1,27–2,81	5,47–15,07	8,84–14,57	0,28–1,62
V, %	13,23	11,43	27,49	30,71	13,38	67,52

Примечание. Здесь и табл. 2: X – среднее арифметическое; m – ошибка среднего арифметического; V – коэффициент вариации.
Note. Here is the table. 2: X – arithmetic mean; m – arithmetic mean error; V – coefficient of variation.

Среди отмеченных выше жирных кислот преобладающей в масле мякоти плодов оказалась мононенасыщенная пальмитолеиновая (С16:1) кислота. Подобный уровень накопления этой кислоты очень редко встречается в других растительных маслах [22]. Её содержание варьировало в пределах от 35,73±0,40 (Чуйская) до 52,13±10,94% (Клавдия) со средним значением 45,36±1,16%.

Количество пальмитиновой (С16:0) кислоты варьировало от 26,09±7,81 у сорта Августина до 42,53±0,45% у Чуйской. Среднее значение по всем изучаемым образцам – 31,95±0,95%. Отметим, что уровень накопления этих жирных кислот (пальмитолеиновой и пальмитиновой) в сумме составляет около 80%, что согласуется с данными исследований других авторов [23–27]. Уровень варьирования их содержания невысокий и находится в средних пределах – 11–13%.

Среднее содержание линолевой (С18:2) кислоты в масле плодовой мякоти составляет 12,33±0,37%. Сорт Клавдия отличался низким уровнем накопления этой кислоты (8,84±0,68%). Высокое ее количество отмечено у образцов Сударушка, Ажурная, Огниво (14,57±1,75; 14,30±0,59 и 13,80±2,14% соответственно).

Содержание олеиновой (С18:1) кислоты в масле плодовой мякоти изменялось с большим коэффициентом вариации (30,71%) и средним значением 8,06±0,55%. Большая часть образцов по величине этого компонента не превышала среднего значения. Высоким уровнем накопления олеиновой кислоты выделился сорт Ажурная (15,07±2,05%).

Содержание стеариновой (С18:0) и линоленовой (С18:3) кислот в среднем по сортам зафиксировано на уровне 1,75 и 0,57% соответственно. Установлено значительное варьирование (V=27,49%) в накоплении стеариновой кислоты в мякоти плодов облепихи в зависимости от сорта – от 1,27±0,26 (Злата) до 2,81±1,38% (Ажурная). Больше чем у половины образцов (Алтайская, Жемчужница, Злата, Иня, Клавдия, Огниво, Сударушка, Эссель, Этна) содержание этой кислоты имело более низкие значения по сравнению со средними (1,75±0,11%).

На фоне общего низкого количества линоленовой кислоты относительно высоким ее содержанием отличались сорта Ажурная и Этна (1,09 и 1,62% соответственно).

В отличие от масла плодовой мякоти в масле семян содержалось большее количество ненасыщенных жирных кислот (90%) и меньшее – насыщенных (9%). Полученные результаты в целом согласуются с большим количеством данных отечественных и зарубежных исследователей [10, 17, 22, 24, 28–30].

Основную часть (более 70%) среди выявленных жирных кислот в масле семян занимают полиненасыщенные – линолевая и линоленовая. Коэффициент вариации для этих кислот составил 3,53 и 5,20% соответственно, что свидетельствует о низкой изменчивости этих показателей для изучаемой группы сортов (табл. 2).

Таблица 2

Состав жирных кислот масла семян изучаемых сортов облепихи (2014–2015 гг.)
Composition of fatty acids in the seed oil of the studied sea buckthorn varieties (2014–2015)

Сорт	Содержание жирных кислот, % от суммы кислот						
	С16:0	С16:1	С18:0	С18:1	С18:1-n7	С18:2	С18:3
1	2	3	4	5	6	7	8
Августина	6,69±0,33	0,13±0,08	2,08±0,70	13,45±1,07	2,49±1,33	42,64±0,87	32,53±2,12
Ажурная	6,76±0,14	0,12±0,06	1,79±0,30	12,85±1,41	1,00±0,44	39,41±0,99	32,76±1,06
Алтайская	7,41±0,18	0,28±0,09	2,29±0,48	14,28±0,69	1,59±0,67	40,16±1,08	34,01±1,58
Елизавета	6,69±0,10	0,38±0,06	2,16±0,13	17,19±1,01	1,03±0,45	40,06±0,69	32,50±0,97
Жемчужница	7,48±0,23	0,42±0,18	1,75±0,49	14,89±0,69	1,86±0,93	42,96±0,71	30,65±0,69
Злата	6,85±0,19	0,24±0,07	2,58±0,18	16,90±0,66	1,10±0,42	41,54±0,62	30,79±0,66
Иня	6,85±0,19	0,26±0,09	1,48±0,47	17,85±0,60	2,14±0,99	39,99±0,32	31,44±0,49
Клавдия	6,47±0,08	0,36±0,17	1,80±0,45	17,89±2,36	1,68±0,80	41,79±1,51	30,03±1,30
Огниво	6,70±0,17	0,27±0,07	2,21±0,19	14,46±0,45	1,22±0,32	40,80±0,32	34,34±0,74

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Сударушка	7,66±0,31	0,12±0,05	1,89±0,46	13,24±0,78	2,19±0,78	43,10±0,44	31,81±1,35
Чуйская	7,02±0,79	0,72±0,23	2,31±0,38	20,05±2,23	0,77±0,40	40,23±1,68	28,91±0,86
Эссель	7,03±0,41	0,24±0,11	2,13±0,43	18,12±0,90	1,50±0,68	41,09±0,55	29,91±0,83
Этна	6,69±0,24	0,19±0,09	2,03±0,41	17,76±0,23	1,72±0,82	38,26±0,55	33,19±0,90
X±m	6,95±0,08	0,29±0,04	2,04±0,07	16,07±0,52	1,56±0,12	40,93±0,32	31,76±0,37
Min–max	6,47–7,66	0,12–0,72	1,48–2,58	12,85–20,05	0,77–2,49	38,26–43,10	28,91–34,34
V, %	7,19	56,42	14,30	14,34	33,49	3,53	5,20

Содержание линолевой кислоты в среднем по сортам составляло 40,93±0,32% и изменялось от 38,26±0,55 у сорта Этна до 43,10±0,44% у Сударушки. Уровень накопления линоленовой кислоты варьировал по сортам от 28,91±0,86 (Чуйская) до 34,34±0,74% (Огниво) со средним значением 31,76±0,37%.

Содержание олеиновой кислоты в среднем за годы исследований составляло 16,07±0,52%, варьируя от 12,85±1,41 у сорта Ажурная до 20,05±2,23% у Чуйской. Уровень накопления двух других мононенасыщенных жирных кислот (пальмитолеиновой и цис-вакценовой) составлял менее 2% от общего их содержания.

Высоким коэффициентом вариации характеризовалось содержание пальмитолеиновой кислоты (56,42%), однако ее количество в масле семян не превышало в среднем по годам 0,72±0,23% (Чуйская). У сортов Ажурная, Августина и Сударушка отмечено низкое содержание пальмитолеиновой кислоты (0,12±0,06; 0,13±0,08 и 0,12±0,05% соответственно).

В отличие от масла плодовой мякоти в масле семян обнаружена цис-вакценовая кислота (C18:1n-7), содержание которой находилось на низком уровне и составляло 1,56±0,12%, изменяясь от 0,77±0,40 у сорта Чуйская до 2,49±1,33% у сорта Августина. Коэффициент вариации по этому показателю имел высокие значения и равнялся 33,49%.

Стеариновая и пальмитиновая кислоты присутствовали в количестве 2,04 и 6,95% от суммы кислот соответственно. Содержание пальмитиновой кислоты изменялось по сортам незначительно – от 6,47±0,08 (Клавдия) до 7,66±0,31% (Сударушка). Высоким уровнем накопления стеариновой кислоты отличалось масло семян сорта Злата – 2,58±0,18%. Коэффициент вариации по этой кислоте средний и составил 14,30%.

ВЫВОДЫ

1. В плодовой мякоти выявлены: пальмитолеиновая (C16:1), пальмитиновая (C16:0), линолевая (C18:2), олеиновая (C18:1), стеариновая (C18:0) и линоленовая (C18:3) кислоты. Доминирующими среди них являлись пальмитиновая и пальмитолеиновая, достигая в сумме более 80% от общего содержания жирных кислот.

2. В семенах преобладали линолевая (C18:2) и линоленовая (C18:3) кислоты, которые в сумме составляют более 70% всех жирных кислот. Сравнительно высоким уровнем накопления характеризуется олеиновая кислота, содержание которой изменяется от 12,85 до 20,05%.

3. Отличительной особенностью семян являлось наличие цис-вакценовой кислоты (C18:1-n7), содержание которой в среднем по сортам составляло 1,56%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Определение* биологически активных веществ в плодах облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) / О.В. Тринеева, И.И. Сафонова, Е.Ф. Сафонова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 181–186. – DOI: 10.14258/jcprm.1303181.
2. *Fast* analysis of sugars, fruit acids, and vitamin C in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) varieties / K.M. Tiitinen, B. Yang, G.G. Haraldsson [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2006. – N 54. – P. 2508–2513. – DOI: 10.1021/jf053177r.

3. *Sea* buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls / C. Tudor, T. Bohn, M. Iddir [et al.] // Nutrients. – 2020. – Vol. 12, N 76. – P. 1–14. – DOI: 10.3390/nu12010076.
4. *Юнусова Ф.М., Рамазанов А.Ш., Юнусов К.М.* Химический состав липидной фракции семян *Hippophae rhamnoides* // Юг России: экология, развитие. – 2009. – Т.4, № 2. – С. 70–73. – DOI: 10.18470/1992-1098-2009-2-70-73.
5. *Яковлева Т.П., Филимонова Е.Ю.* Пищевая и биологическая ценность плодов облепихи // Пищевая промышленность. – 2011. – № 2. – С. 11–13.
6. *Fatty* acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies / Z. Li, L.K. Shi, C.W. Zhao [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – N 86. – P. 507–513. – DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.042.
7. *The bioactive* components as well as the nutritional and health effects of sea buckthorn / R. Ren, N. Li, C. Su [et al.] // RSC Advances. – 2020. – N 10. – P. 44654–44671. – DOI: 10.1039/d0ra06488b.
8. *Pintea A.M., Magdas D.A.* Analytical techniques for the biochemical profiling in seabuckthorn // The Sea-buckthorn Genome. – 2022. – P. 79–111. – DOI: 10.1007/978-3-031-11276-8_4.
9. *Ursin V.M.* Modification of plant lipids for human health development of functional land-based omega-3 fatty acids // The Journal of Nutrition. – 2003. – Vol. 133, N 12. – P. 4271–4274. – DOI: 10.1093/jn/133.12.4271.
10. *Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z.* Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) grown wild in Iran // Natural Product Research. – 2015. – Vol. 30, N 3. – P. 366–368. – DOI: 10.1080/14786419.2015.1057728.
11. *Нормахматов Р.* Жирнокислотный состав и физико-химические показатели масел из ядер косточковых плодов // Пищевая промышленность. – 2021. – № 3. – С. 40–42. – DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027.
12. *Differential* effects of palmitate and palmitoleate on insulin action and glucose utilization in rat L6 skeletal muscle cells / N. Dimopoulos, M. Watson, K. Sakamoto [et al.] // Biochem. J. – 2006. – Vol. 399, N 3. – P. 473–481. – DOI: 10.1042/bj20060244.
13. *Zielinska A., Nowak I.* Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil // Lipids in Health and Disease. – 2017. – Vol. 16, N 95. – P. 1–11. – DOI: 10.1186/s12944-017-0469-7.
14. *Marsinach M.S., Cuenca A.P.* The impact of sea buckthorn oil fatty acids on human health // Lipids in Health and Disease. – 2019. – Vol. 18, – N 145. – P. 1–11. – DOI: 10.1186/s12944-019-1065-9.
15. *Еремеева Н.Б., Макарова Н.В.* Изучение содержания антиоксидантов и их активности в концентрированных экстрактах из ягод клюквы (*Vaccinium oxycoccus*), облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.), ежевики (*Rubus fruticosus*), калины (*Viburnum opulus* L.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.) // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 157–164. – DOI: 10.14258/jcprm.2021049365.
16. *Sayegh M., Miglio C., Ray S.* Potential cardiovascular implications of sea buckthorn berry consumption in humans // Int. J Food Sci. Nutr. – 2014. – Vol. 65, N 5. – P. 1–8. – DOI: 10.3109/09637486.2014.880672.
17. *The determination* of the fatty acid content of sea buckthorn seed oil using near infrared spectroscopy and variable selection methods for multivariate calibration / Z. Li, J. Wang, Y. Xiong [et al.] // Vibrational Spectroscopy. – 2016. – N 84. – P. 24–29.
18. *Проблемы* фальсификации оливкового масла и методы ее обнаружения / Э.А. Муратова, Р.А. Даукаева, С.Р. Афонькина [и др.] // Медицина труда и экологии человека. – 2016. – № 1. – С. 62–66.
19. *Состав* основных жирных кислот плодовой мякоти и семян сортообразцов облепихи различного экологического происхождения / Ю.А. Зубарев, А.В. Гунин, Дж. Томас Морсель [и др.] // Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», 20-24 октября 2015 г. – Барнаул, 2015. – С. 1588–1594.
20. *Analyse* von fetten mittels GC als FSME AOCS Methode Ce 1–62. – 1981.
21. *Fettsäuremethylester* (TMSH-Method) DGF-Einheitsmethoden C – VI 11e. – 1998.
22. *Yang B., Kallio H.P.* Composition and physiological effects of sea buckthorn (*Hippophae*) lipids // Trends in Food Science & Technology. – 2002. – N 13. – C. 160–167. – DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00136-X.
23. *Yang B., Kallio H.P.* Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries of different origins // J. Agric. Food Chem. – 2001. – Vol. 49, N 4. – P. 1939–1947. – DOI: 10.1021/jf001059s.

24. *Cakir A.* Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and *Myrtus communis* L. from Turkey // Biochemical Systematics and Ecology. – 2004. – Vol. 32, N 9. – P. 809–816. – DOI: 10.1016/j.bse.2003.11.010.
25. *Fatty* acids, tocols, and carotenoids in pulp oil of three sea buckthorn species (*Hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the Indian Himalayas / A. Ranjith, K.S. Kumar, V.V. Venugopalan [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2006. – Vol. 83, N 4. – P. 359–364. – DOI: 10.1007/s11746-006-1213-z.
26. *Fatty* acid compostion of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and the transcriptome of the mature seed / F. Tahira, L.S. Crystal, R.S. William [et al.] // PLOS ONE. – 2012. – Vol. 7, N 4. – P. 1–18. – DOI: 10.1371/journal.pone.0034099.
27. *Бережная Г.А.* Влияние абиотических факторов на формирование жирно-кислотного состава масла плодов облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – 2018. – Т.4, № 176. – С. 90–95. – DOI: 10.25230/2412–608X–2018–4–176–90–95.
28. *Yang B., Kallio H.P.* Lipophilic components of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds and berries // Seabuckthorn (*Hippophae* L.): A Multipurpose Wonder Plant. Vol. 2: Biochemistry and Pharmacology – 2005. – P. 70–97.
29. *Жирное* масло из семян культурных сортов облепихи как источник ценных триацилглицеридов / Г.А. Рабаданов, А.М. Мусаев, Э.Д. Гашимова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – Т. 11, № 42. – С. 65–68. – DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.035.
30. *Исследование* липидного состава масла семян облепихи сорта «Янтарная» / Ю.М. Султанов, Г.А. Рабаданов, Э.Д. Майсарова [и др.] // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), 23–24 октября 2019 г. – Махачкала, 2019. – С. 203–205.

REFERENCES

1. Trineeva O.V., Safonova I.I., Safonova E.F., Slivkin A.I., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, No. 3, pp. 181–186, DOI: 10.14258/jcprm.1303181. (In Russ.)
2. Tiitinen K.M., Yang B, Haraldsson G.G., Jonsdottir S, Kallio H.P., Fast analysis of sugars, fruit acids, and vitamin C in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties, *J. Agric. Food Chem*, 2006, No. 54, pp. 2508–2513, DOI: 10.1021/jf053177r.
3. Tudor C., Bohn T., Iddir M., Dulf F.V., Focsan M., Rugina D.O., Pintea A., Sea buckthorn oil as a valuable source of bioaccessible xanthophylls, *Nutrients*, 2020, Vol. 12, No. 76, pp. 1–14, DOI: 10.3390/nu12010076.
4. Yunusova F.M., Ramazanov A.Sh., Yunusov K.M., *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2009, Vol. 4, No. 2, pp. 70–73, DOI: 10.18470/1992-1098-2009-2-70-73. (In Russ.)
5. Yakovleva T.P., Filimonova E.Yu., *Pishchevaya promyshlennost'*, 2011, No. 2, pp. 11–13. (In Russ.)
6. Li Z., Shi L.K., Zhao C.W., Jin Q.Z., Wang X.G., Fatty acid, phytochemical, oxidative stability and in vitro antioxidant property of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) oils extracted by supercritical and subcritical technologies, *LWT – Food Science and Technology*, 2017, No. 86, pp. 507–513, DOI: 10.1016/j.lwt.2017.08.042.
7. Ren R., Li N., Su C., Wang Y., Zhao X., Yang L., Li Y., Zhang B., Chen J., Ma X., The bioactive components as well as the nutritional and health effects of sea buckthorn, *RSC Advances*, 2020, No. 10, pp. 44654–44671, DOI: 10.1039/d0ra06488b.
8. Pintea A.M., Magdas D.A., Analytical techniques for the biochemical profiling in seabuckthorn, *The Seabuckthorn Genome*, 2022, pp. 79–111, DOI: 10.1007/978-3-031-11276-8_4.
9. Ursin V.M., Modification of plant lipids for human health development of functional land-based omega-3 fatty acids, *The Journal of Nutrition*, 2003, Vol. 133, No. 12, pp. 4271–4274, DOI: 10.1093/jn/133.12.4271.
10. Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z., Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) grown wild in Iran, *Natural Product Research*, 2015, Vol. 30, No. 3, pp. 366–368, DOI: 10.1080/14786419.2015.1057728.
11. Normakhmatov R., *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, No. 3, pp. 40–42, DOI: 10.24412/0235-2486-2021-3-0027. (In Russ.)

12. Dimopoulos N., Watson M., Sakamoto K., Hunda H.S., Differential effects of palmitate and palmitoleate on insulin action and glucose utilization in rat L6 skeletal muscle cells, *Biochem. J*., 2006, Vol. 399, No. 3, pp. 473–481, DOI: 10.1042/bj20060244.
13. Zielinska A., Nowak I., Abundance of active ingredients in seabuckthorn oil, *Lipids in Health and Disease*, 2017, Vol. 16, No. 95, pp. 1–11, DOI: 10.1186/s12944-017-0469-7.
14. Marsinach M.S., Cuenca A.P., The impact of sea buckthorn oil fatty acids on human health, *Lipids in Health and Disease*, 2019, Vol. 18, No. 145, pp. 1–11, DOI: 10.1186/s12944-019-1065-9.
15. Eremeeva N.B., Makarova N.V., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, No. 4, pp. 157–164, DOI: 10.14258/jcprm.2021049365. (In Russ.)
16. Sayegh M., Miglio S., Ray S., Potential cardiovascular implications of sea buckthorn berry consumption in humans, *Int. J Food Sci. Nutr*, 2014, Vol. 65, No. 5, pp. 1–8, DOI: 10.3109/09637486.2014.880672.
17. Li Z., Wang J., Xiong Y., Li Z., Feng S., The determination of the fatty acid content of sea buckthorn seed oil using near infrared spectroscopy and variable selection methods for multivariate calibration, *Vibrational Spectroscopy*, 2016, No. 84, pp. 24–29.
18. Muratova E.A., Daukaeva R.A., Afon'kina S.R., Mansurova E.V., *Meditsina truda i ekologii cheloveka*, 2016, No. 1, pp. 62–66. (In Russ.)
19. Zubarev Yu.A., Gunin A.V., Dzh. Tomas Morsel', Zemtsova A.Ya., *Lomonosovskie chteniya na Altae: fundamental'nye problemy nauki i obrazovaniya* (Sbornik nauchnykh statei mezhdunarodnoi konferentsii), Oktyabr' 20-24, 2015, Barnaul, 2015, pp. 1588–1594. (In Russ.)
20. Analyse von fetten mittels GC als FSME AOCS Methode Ce 1-62, 1981.
21. Fettsäuremethylester (TMSH-Method) DGF-Einheitsmethoden C – VI 11e, 1998.
22. Yang B., Kallio H.P., Composition and physiological effects of sea buckthorn (Hippophae) lipids, *Trends in Food Science & Technology*, 2002, No. 13, pp. 160–167, DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00136-X.
23. Yang B., Kallio H.P., Fatty acid composition of lipids in sea buckthorn (Hippophaë rhamnoides L.) berries of different origins, *J. Agric. Food Chem*., 2001, Vol. 49, No. 4, pp. 1939–1947, DOI: 10.1021/jf001059s.
24. Cakir A., Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Hippophae rhamnoides* L. (Sea Buckthorn) and Myrtus communis L. from Turkey, *Biochemical Systematics and Ecology*, 2004, Vol. 32, No. 9, pp. 809–816, DOI: 10.1016/j.bse.2003.11.010.
25. Ranjith A., Sarin Kumar K., Venugopalan V.V., Arumughan C., Sawhney R.C., Singh V., Fatty acids, tocols, and carotenoids in pulp oil of three sea buckthorn species (*Hippophae rhamnoides*, *H. salicifolia*, and *H. tibetana*) grown in the Indian Himalayas, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2006, Vol. 83, No. 4, pp. 359–364, DOI: 10.1007/s11746-006-1213-z.
26. Tahira F., Crystal L.S., William R.S., Dustin C., Raju D., David W., Randall J.W., Priti K., Fatty acid compostion of developing sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry and the transcriptome of the mature seed, *PLOS ONE*, 2012, Vol. 7, No. 4, pp. 1–18, DOI: 10.1371/journal.pone.0034099.
27. Berezhnaya G.A., *Maslichnye kul'tury: nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*, 2018, Vol. 4, No. 176, pp. 90–95, DOI: 10.25230/2412–608Kh–2018–4–176–90–95. (In Russ.)
28. Yang B., Kallio H.P., Lipophilic components of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seeds and berries, *Seabuckthorn (Hippophae L.): A Multipurpose Wonder Plant. Vol. 2: Biochemistry and Pharmacology,* 2005, pp. 70–97.
29. Rabadanov G.A., Musaev A.M., Gashimova E.D., Alkhasov B.A., Islamova F.I., Sadykova G.A., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2015, Vol. 11, No. 42, pp. 65–68, DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.035. (In Russ.)
30. Sultanov Yu.M., Rabadanov G.A., Maisarova E.D., Orudzheva B.M., Alimirzoeva Z.M., *Povyshenie kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov*. (Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem), Oktyabr' 23–24, 2019, Makhachkala, 2019, pp. 203–205. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-59-65
УДК 633.11

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ВНЕСЕНИЯ ДЕФЕКАТА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР

Т.В. Зубкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Елец, Россия
E-mail: zubkovatanua@yandex.ru

Ключевые слова: рапс яровой, биологическая активность почвы, биологические удобрения, дефекат, урожайность.

Реферат. *Приведены результаты четырехлетних исследований по определению эффективности комплексного использования свекловичного дефеката, микробиологических и минеральных удобрений на биологическую активность почвы, урожайность и масличность рапса ярового. Исследования проведены в условиях Липецкой области на черноземе выщелоченном в 2018–2021 гг. Погодные условия исследуемых лет являлись весьма благоприятными для развития растений рапса. Гидротермический коэффициент составил в 2018 г. 0,77, в 2019 г. – 1,12, в 2020 г. – 1,25, в 2021 г. – 1,78. В среднем вегетационный период по вариантам длился 111–118 дней. Более продолжительный период отмечен в варианте с внесением дозы дефеката 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$ на фоне обработки Экстрасолом (118 дней). Максимальная степень разложения льняного полотна установлена в варианте с дозами внесения дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ при глубине внесения в почву до 20 см (более 48%). Максимальная средняя урожайность наблюдалась на фоне 12,6 т/га дефеката в варианте $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСка-3 (3,53 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,40 т/га) при внесении осенью и в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСка-3 (3,43 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,21 т/га) при внесении в ранневесенний период. Высокая масличность отмечена в вариантах с внесением дозы дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель содержания жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5–42,7%).*

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND PRODUCTIVITY OF SPRING RAPE DEPENDING ON THE APPLICATION OF FERTILIZERS IN THE BACKGROUND OF DEFECT APPLICATION IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE CCR (CENTRAL CHERNOZEM REGION)

T.V. Zubkova, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor
Yelets State University named after I.A. Bunin, Yelets, Russia
E-mail: zubkovatanua@yandex.ru

Keywords: spring rape, the biological activity of the soil, biological fertilizers, defecate, yield.

Abstract. *The results of four years of research to determine the effectiveness of the integrated use of beet defecate, microbiological, and mineral fertilizers on the biological activity of the soil, yield, and oil content of spring rape are presented. The studies were carried out in the conditions of the Lipetsk region on leached chernozem in 2018–2021. The weather conditions of the studied years were very favorable for the development of rapeseed plants. The hydrothermal coefficient was 0.77 in 2018, 1.12 in 2019, 1.25 in 2020, and 1.78 in 2021. On average, the growing season for the options has lasted 111–118 days. A more extended period was noted in the variant with the introduction of a dose of defecate 12.6 t/ha, N140P70K100, against the background of treatment with Extrasol (118 days). The maximum degree of decomposition of flax cloth was established in the variant with doses of defecate fertilizer of 12.6 t/ha and mineral fertilizers N140P70K100 at a depth of application into the soil of up to 20 cm (more than 48%). The maximum average yield was observed against the background of 12.6 t/ha of defecate in the variant N140P70K100 + BSKa-3 (3.53 t/ha), N140P70K100 + Extrasol (3.40 t/ha) when applied in autumn and in the variants N140P70K100 + BSKa- 3 (3.43 t/ha), N140P70K100 + Extrasol (3.21 t/ha) when used in early spring. High oil content was noted in the variants by introducing a dose of defecate 12.6 t/ha and mineral fertilizers N90P40K50 against the background of treatments with microbiological fertilizers. The maximum fat content was noted in the defecate variant: 12.6 t/ha + N90P40K50 + Extrasol (42.5–42.7%).*

В последнее время наблюдается стремительный рост производства свекловичного сахара в России. Так, в 2009–2010 гг. его производилось около 3 млн т, а в 2019–2020 гг. уже более 7 млн т [1].

В сахарном производстве образуются три типа отходов: свекловичный жом, меласса и дефекационная известь. Из 1 т собранной свеклы получают около 150 кг сахара, 500 кг свекловичного жома (с содержанием сухого вещества 10 мас.%), 50 кг очистной извести и 35 кг мелассы [2–5].

Следовательно, с увеличением объёмов производства сахарной свёклы увеличивается и количество связанных с её переработкой отходов. Чтобы снизить загрязнение окружающей среды, весьма целесообразным в сельском хозяйстве является создание безотходной технологии, а именно, использование отходов в качестве вторичного материального ресурса [6–11]. Следует отметить, что содержание питательных веществ и минералов в отходах свеклосахарного производства делает их очень ценными при использовании в качестве мелиорантов и органических удобрений [12–14]. Осадок от дефекации характеризуется высоким процентным содержанием $CaCO_3$, органического вещества, азота, фосфора, калия и микроэлементов [15].

Внесение дефеката в почву не только обеспечивает растения питательными элементами, но и изменяет условия существования почвенных микроорганизмов, которые являются продуцентами витаминов, ферментов, антибиотиков и других физиологически активных веществ [16].

В условиях стремительного роста цен на минеральные удобрения использование нетрадиционных органических материалов и включение их в современные агротехнологии является весьма актуальным.

Цель исследования – выявить эффективность совместного использования минеральных и микробиологических удобрений на фоне внесения свекловичного дефеката в агроценозах ярового рапса в условиях Центрально-Черноземного района.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования были проведены в Липецкой области на опытных участках ИП КФХ Аринина в 2018–2021 гг.

Ежегодно опыты закладывали по трехфакторной системе: фактор А – расчетная норма внесения дефеката 6,3 и 12,6 т/га; фактор В – доза минеральных удобрений и период внесения дефеката (осенний и ранневесенний); фактор С – использование микробиологических удобрений БСка-3 и Экстрасол путем обработки семян перед посевом.

Опытная почва – чернозем выщелоченный; агрохимические показатели: гумус – 5,56–5,75%, Нг – 5,25–5,30 мг-экв/100 г почвы, P_2O_5 – 121,7–126,8 мг/кг почвы, K_2O – 151,5–156,6 мг/кг почвы, Ca – 15,25–16,01 ммоль/100 г почвы, Mg – 2,05–2,39 ммоль/100 г почвы.

Агрохимическая характеристика дефеката: $CaCO_3$ – 75,0–77,6 %, массовая доля сухого вещества – 70,3–72,0, органического вещества – 38,5%.

Мероприятия по выращиванию ярового рапса выстраивались согласно общепринятым рекомендациям в ЦЧР. Предшественник – озимая пшеница. Высевали яровой рапс сорта Риф, норма высева 2 млн шт/га, глубина заделки семян 2 см. Заделка свекловичного дефеката осенью производилась под зяблевую вспашку, весной – под культивацию. Доза внесения дефеката была расчётной, зависела от глубины его заделки и гидролитической активности почвы.

Опыты заложены по методике Б.А. Доспехова, общая площадь делянки – 120 м^2, учетная – 80 м^2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в годы исследований сложились благоприятными для развития ярового рапса, ГТК в 2018 г. составил 0,77, в 2019 г. – 1,12, в 2020 г. – 1,25, в 2021 г. – 1,78.

Высокая эффективность работы микрофлоры почвы – весьма важный показатель формирования продуктивности сельскохозяйственных культур, в том числе и ярового рапса, которую определяет биологическая активность почвы.

При изучении биологической эффективности был применен метод разложения льняного полотна в опытной черноземной выщелоченной почве. Данные получены на основе деятельности целлюлозоразлагающей микрофлоры.

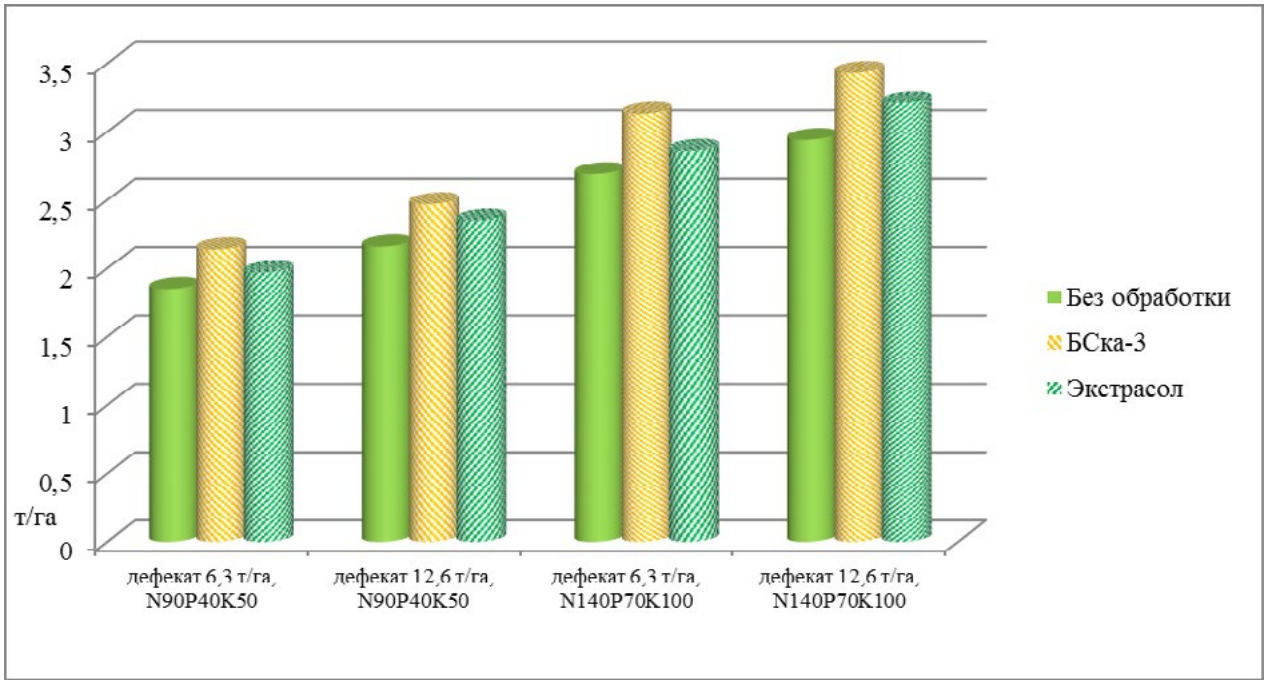
Наименьшая биологическая активность почвы выявлена в 2018 г., средний показатель которой составил 30% разложения льняного полотна за год. В 2019 г. среднее значение показателя зафиксировано на уровне 34%; максимальная активность почвы в опыте отмечена в 2020 г. (45%). Средний показатель биологической активности почвы в годы опытов был на уровне 37,4%.

В разрезе исследуемых в опыте факторов наибольшее действие на биологическую активность почвы оказали дозы заделки дефеката в почву и минеральные удобрения. Более низкое разложение льняного полотна выявлено в варианте с внесением 6,3 т/га дефеката в комплексе с действием $N_{90}P_{40}K_{50}$ при глубине внесения в почву до 10 см (28%). Максимальная степень разложения льняного полотна установлена в варианте с высокими дозами внесения дефеката 12,6 т/га и минеральных удобрений $N_{140}P_{70}K_{100}$ при глубине внесения в почву до 20 см (более 48%).

Анализируя биологическую активность почвы в зависимости от влияния биологических удобрений в посевах ярового рапса, отметим высокое действие обоих исследуемых препаратов – БСка-3 и Экстрасол на данный показатель. В среднем разложение льняного полотна в варианте с действием БСка-3 (42,4%) увеличилось на 10,6% по сравнению с контролем (без обработки) и на 6,3% относительно варианта с применением Экстрасола (38,1%).

Вегетационный период варьировал по вариантам в пределах 111–118 дней. Более продолжительный период отмечен в варианте с внесением дозы дефеката 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$ на фоне обработки Экстрасолом (118 дней).

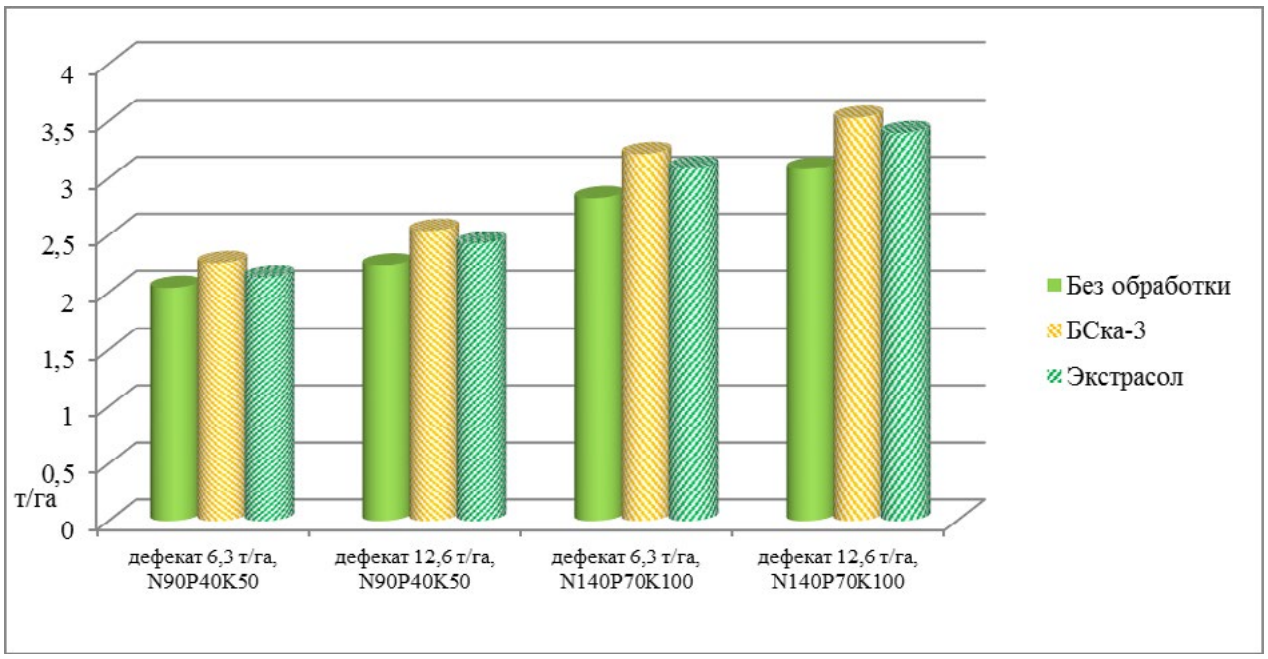
Внесение более высоких доз удобрений на фоне дефеката стимулировало увеличение урожайности ярового рапса (рис. 1, 2).



$НСР_{05}$, т/га, среднее АВ – 2,73

Рис.1. Урожайность рапса ярового в зависимости от использования удобрений на фоне внесения дефеката в ранневесенний период (средняя за 2018–2021 гг.)

Fig.1. The yield of spring rapeseed depends on the use of fertilizers against the background of introducing defecate in the early spring (average for 2018–2021)



$НСР_{05}$, т/га, среднее АВ - 1,66

Рис. 2. Урожайность рапса ярового в зависимости от использования удобрений на фоне внесения дефеката в осенний период (средняя за 2018–2021 гг.)

Fig. 2. The yield of spring rapeseed depends on the use of fertilizers against the background of introducing defects in the autumn (average for 2018–2021)

Максимальная средняя урожайность в опыте выявлена на фоне 12,6 т/га дефеката в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСКа-3 (3,53 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,40 т/га) при внесении осенью и в вариантах $N_{140}P_{70}K_{100}$ + БСКа-3 (3,43 т/га), $N_{140}P_{70}K_{100}$ + Экстрасол (3,21 т/га) при внесении в ранневесенний период.

Масло из рапса характеризуется высокой калорийностью, оно применяется в различных отраслях народного хозяйства, прежде всего, в пищевой промышленности. Учитывая, что рапсовое масло имеет высокое пищевое достоинство и, как следствие, высокий спрос и цену, в настоящее время в сельскохозяйственных производственных организациях и на маслоэкстракционных заводах большое значение придают показателям качества семян. Важный показатель в производстве семян рапса – его масличность. В наших исследованиях мы определили содержание жира в семенах в зависимости от изучаемых факторов (таблица).

Масличность ярового рапса в опыте с комплексным применением дефеката и удобрений, %
The oil content of spring rape in an experiment with the complex use of defecate and fertilizers, %

Вариант	Срок внесения удобрений	Обработка микробиологическими удобрениями		
		без обработки	БСка-3	Экстрасол
1	2	3	4	5
Дефекат 6,3 т/га, $N_{90}P_{40}K_{50}$	Весна	39,8	40,0	41,3
	Осень	41,0	41,5	41,9
Дефекат 12,6 т/га, $N_{90}P_{40}K_{50}$	Весна	41,1	40,7	42,7
	Осень	42,2	41,5	42,5
1	2	3	4	5

Окончание табл.

Дефекат 6,3 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$	Весна	38,5	39,1	38,4
	Осень	40,2	41,0	41,5
Дефекат 12,6 т/га, $N_{140}P_{70}K_{100}$	Весна	39,3	39,5	40,0
	Осень	40,1	40,4	40,2
$НСР_{05}$, %, среднее, взаимодействия: АВС – 2,05; АВ – 1,11; ВС – 1,16; АС – 0,89.				

В среднем по опыту масличность сорта Риф варьировала в интервале 38,4–42,7% в зависимости от варианта исследований, в отдельные годы достигая 44,8%. Выявлено, что более высокие дозы минерального азота снижали показатели масличности в среднем на 0,5–1,5%. Так, более высокая масличность отмечена в вариантах с внесением более высокой дозы дефеката – 12,6 т/га и меньшей дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель содержания жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5–42,7%).

Из уравнения регрессии видно, что коэффициент регрессии составляет 1,2%. Данный коэффициент свидетельствует, что при увеличении урожайности семян на 1 т/га содержание жира повышается на 1,2 % (рис. 3).

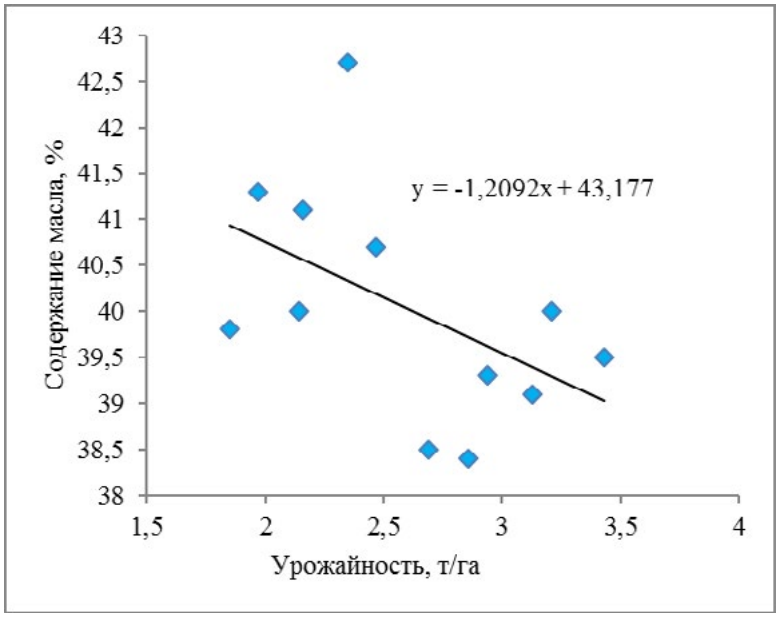


Рис. 3. Зависимость между содержанием жира и урожайностью рапса при внесении дефеката весной

Fig. 3. The relationship between fat content and rapeseed yield when introducing defecation in spring

Поскольку становлено, что фактическое значение критерия Стьюдента (t-статистика – 1,03) меньше табличного (t-критическое двухстороннее – 2,07), то с 95%-й вероятностью между сроками внесения дефеката по содержанию жира нет существенных различий.

Как коэффициент корреляции (r = 0,50), так и коэффициент детерминации ($d_{yx} = r^2 =$ 0,26) свидетельствуют о слабой зависимости между урожайностью и содержанием жира в семенах рапса.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепи ЦЧР установлено, что урожайность ярового рапса зависела как от дозы дефеката, так и от сроков его внесения. Максимальную урожайность ярового рапса получили при осеннем внесении дефеката в дозе 12,6 т/га в комплексе с минеральным удобрением $N_{140}P_{70}K_{100}$ и обработкой семян микробиологическим препаратом БСка-3 – 3,53 т/га.

2. Высокие показатели масличности отмечали в вариантах с внесением более высокой дозы дефеката – 12,6 т/га и меньшей дозы минеральных удобрений – $N_{90}P_{40}K_{50}$ на фоне обработок микробиологическими удобрениями. Максимальный показатель жира отмечен в варианте дефекат 12,6 т/га + $N_{90}P_{40}K_{50}$ + Экстрасол (42,5-42,7%).

3. Биологическая активность почвы в большей степени зависела от влияния биологических удобрений. В среднем разложение льняного полотна в варианте с действием БСка-3 (42,4%) увеличилось на 10,6% по сравнению с контролем (без обработки) и на 6,3% в варианте с применением Экстрасола (38,1%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Производство* сахара в России по годам [Электронный ресурс]. – URL: https: top-rf.ru/business/139-proizvodstvo-sakhara.html (дата обращения: 10.07.2023).
2. *Thermochemical* conversion of sugar industry by-products into biofuels / T. Nikodim, T. Berchem, N. Jacquet, A. Richel // Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources. – 2018. – Vol. 88. – P. 151–159.
3. *Виноградов Д.В., Ванюшин П.Н.* Перспективы и основные направления развития производства масличных культур в Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева – 2012. – № 1 (13). – С. 62–65.
4. *Влияние* органоминерального удобрения на продуктивность ярового рапса в условиях Рязанской области / А.А. Соколов, Е.И. Лупова, М.А. Мазиров, Д.В. Виноградов // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1 (91). – С. 29–33.
5. *Гулидова В.А., Зубкова Т.В.* Испытания сортов и гибридов ярового рапса в лесостепи ЦЧР // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 41–42.
6. *Gurin A.G., Gneusheva V.V.* The change of agrochemical soil features and its biological activity when using wastes of sugar production in spring wheat // Bulletin of Agrarian Science. – 2018. – Vol. 1. – P. 3–7.
7. *Гулидова В.А., Зубкова Т.В.* Эффективность микроудобрений на посевах ярового рапса // Земледелие. – 2012. – № 6. – С. 29–30.
8. *Зубкова Т.В., Виноградов Д.В.* Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(53). – С. 46–54.
9. *Лупова Е.И., Виноградов Д.В.* Влияние гуминового удобрения и доз минеральных удобрений на продуктивность ярового рапса // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3 (84). – С. 31–37.
10. *Макарова М.П., Виноградов Д.В.* Влияние органоминеральных удобрений на основе ОСВ и цеолита на продуктивность агроценоза ярового рапса // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 3 (19). – С. 109–112.
11. *Системы* обработки почв / М.М. Крючков, А.С. Мастеров, Д.В. Виноградов [и др.]. – Горки–Рязань: Book Jet, 2021. – 268 с.
12. *Троц Н.М., Габибов М.А., Виноградов Д.В.* Агрохимия. – Кинель: Самар. гос. аграр. ун-т, 2021. – 165 с.
13. *Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В.* Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 3. – С. 36–40.
14. *Results* of the changes in the physicochemical properties and fractional group composition of the humus-leached chernozem under the influence of fertilizers and ameliorant / E.S. Gasanova, A.N. Kozhokina, N.G. Myazin, K.E. Stekolnikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 422 (1). – P. 012122.
15. *Vyborova O.* Increasing soil fertility using liquid organic fertilizers and fertilizers based on sugar beet waste // Abstracts of the EGU General Assembly Conference. – 2010. – P. 878.
16. *Гринец Л.В., Сенькова Л.А., Мингалев С.К.* Биологическая активность почвы // АОН. – 2019. – № 2. – С. 1–4.

REFERENCES

1. *Proizvodstvo sahara v Rossii po godam* (Sugar production in Russia by year): https://top-rf.ru/business/139-proizvodstvo-sakhara.html.
2. Nikodim T., Berchem T., Jacquet N., Richel A., Thermochemical conversion of sugar industry by-products into biofuels, *Reviews of Renewable and Sustainable Energy Sources*, 2018, Vol. 88, pp. 151–159.
3. Vinogradov D.V., Vanyushin P.N., *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2012, No. 1 (13), pp. 62–65. (In Russ.)
4. Sokolov A.A., Lupova E.I., Mazirov M.A., Vinogradov D.V., *Vladimirskij zemledelec*, 2020, No. 1 (91), pp. 29–33. (In Russ.)
5. Gulidova V.A., Zubkova T.V., *Zemledelie*, 2012, No. 7, pp. 41–42. (In Russ.)
6. Gurin A.G., Gneusheva V.V., The change of agrochemical soil features and its biological activity when using wastes of sugar production in spring wheat, *Bulletin of Agrarian Science*, 2018, Vol. 1, pp. 3–7.
7. Gulidova V.A., Zubkova T.V., *Zemledelie*, 2012, No. 6, pp. 29–30. (In Russ.)
8. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2021, No. 1 (53), pp. 46–54. (In Russ.)
9. Lupova E.I., Vinogradov D.V., *Vestnik agrarnoj nauki*, 2020, No. 3 (84), pp. 31–37. (In Russ.)
10. Makarova M.P., Vinogradov D.V., *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2013, No. 3 (19), pp. 109–112. (In Russ.)
11. Kryuchkov M.M., Masterov A.S., Vinogradov D.V. [i dr.], *Sistemy obrabotki pochv* (Soil treatment systems), Gorki-Ryazan' : Book Jet, 2021, 268 p.
12. Troc N.M., Gabibov M.A., Vinogradov D.V., *Agrohimiya* (Agrochemistry), Kinel': Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021, 165 p.
13. SHCHur A.V., Val'ko V.P., Vinogradov D.V., *Problemy regional'noj ekologii*, 2016, No. 3, pp. 36–40. (In Russ.)
14. Gasanova E.S., Kozhokina A.N., Myazin N.G., Stekolnikov K.E., Results of the changes in the physicochemical properties and fractional group composition of the humus-leached chernozem under the influence of fertilizers and ameliorant, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 422 (1), pp. 012122.
15. Vyborova O., Increasing soil fertility using liquid organic fertilizers and fertilizers based on sugar beet waste, *Abstracts of the EGU General Assembly Conference*, 2010, pp. 878.
16. Grinec L.V., Sen'kova L.A., Mingalev S.K., *AON*, 2019, No. 2, pp. 1–4. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-66-74
УДК 633.31: 631.8 (571.63)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШТАММОВ *SINORHIZOBIUM MELILOTY* ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

[1]**Е.П. Иванова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

[2]**А.Г. Клыков**, доктор биологических наук, академик РАН

[1]*Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск, Россия*

[2]*Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, пос. Тимирязевский Приморского края, Россия*

E-mail: kirena2010@yandex.ru

Ключевые слова: люцерна изменчивая, инокуляция, штаммы, урожайность, питательность.

Реферат. *Методами полевых и лабораторных исследований в 2009–2012 и 2018–2020 гг. на лугово-бурой отбеленной почве Приморского края изучено влияние инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий Synorhizobium meliloty на урожайность и кормовую продуктивность люцерны изменчивой. Исследования в опыте, учеты и наблюдения осуществляли согласно действующим методическим указаниям. Штаммы клубеньковых бактерий Synorhizobium meliloty предоставлены лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФГБНУ ВНИИСХМ. В ходе проведенных семилетних исследований установлена положительная роль изучаемого фактора в повышении урожайности, питательной и энергетической ценности люцерны. Суммарный сбор зеленой массы по трём опытам в вариантах с инокуляцией семян люцерны штаммами ризобий увеличился на 4,0–15,2 %, а сбор сухого вещества – на 6,8–21,7 %. Наибольшую прибавку урожайности зеленой массы и сухого вещества в опытах 1 и 2 обеспечил основной производственный штамм 425а, а в опыте 3 – производственный штамм 415б. По качественным показателям в опытах 1 и 2 преимущество имел производственный инокулянт 425а, а в опыте 3 – перспективный штамм $А_1$ и производственный штамм 415б. С целью адаптивной интенсификации кормопроизводства показано создание устойчивых агрофитоценозов с люцерной изменчивой с проведением инокуляции семян вирулентными активными штаммами ризобий (преимущественно основными производственными штаммами 425а и 415б).*

PROSPECTS FOR THE USE OF *SINORHIZOBIUM MELILOTY* STRAINS TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF VARIEGATED ALFALFA IN THE CONDITIONS OF THE PRIMORSKY TERRITORY

[1]**E.P. Ivanova,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

[2]**A.G. Klykov,** Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

[1]*Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

[2]*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki", village Timiryazevsky Primorsky Krai, Russia*

E-mail: kirena2010@yandex.ru

Keywords: variable alfalfa, inoculation, strains, yield, nutritional value.

Abstract. *Abstract. The authors used the field and laboratory research methods in 2009–2012 and 2018–2020. On the meadow-brown bleached soil of the Primorsky Territory, the effect of seed inoculation with various strains of nodule bacteria Synorhizobium meliloty on the yield and feed productivity of alfalfa was studied. According to current guidelines, experimental research, records, and observations were carried out. Strains of nodule bacteria Synorhizobium meliloty were provided by the Laboratory of Ecology of Symbiotic and Associative Rhizobacteria of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology". In seven years of research, the positive role of the studied factor in increasing the yield, nutritional, and energy value of alfalfa was established. The total collection of green mass in three experiments in variants with inoculation of alfalfa seeds with rhizobia strains increased by 4.0–15.2%, and the collection of dry matter increased by 6.8–21.7%. The most significant increase in the yield of green mass and dry matter in experiments 1 and 2 was provided by the primary production strain 425a and experiment 3 – by production strain 415b.*

Regarding quality indicators, in experiments 1 and 2, production inoculant 425a had an advantage, and in experiment 3, the promising strain A1 and production strain 415b had an advantage. For adaptive intensification of forage production, the creation of stable agrophytocenoses with alfalfa with inoculation of seeds with virulent active strains of rhizobia (mainly the main production strains 425a and 415b) is shown.

Сохранение плодородия почв возможно при создании благоприятных условий для почвообразования и развития почвенной биоты, обеспечения жизнедеятельности главных почвообразователей – многолетних трав и микроорганизмов.

В последние годы повысился интерес к биологическим способам защиты и питания растений, снижающим применение пестицидов и агрохимикатов. Ведется поиск и подбор высокоэффективных и конкурентоспособных препаратов, которые в технологиях выращивания повышали бы урожайность и качество продукции [1]. Понимание эффективности и механизма действия биологических препаратов на различных почвенных профилях и культурах позволяет дать практические рекомендации по их применению, что приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Бобовые образуют уникальные симбиотические отношения с бактериями, известными как ризобии [3–5]. Люцерна является ведущей в мире кормовой бобовой и биоэнергетической культурой с низким потреблением энергии [6–7].

Современная наука ориентирована на параллельную селекцию всех компонентов симбиотического взаимодействия – растений и микроорганизмов [8, 9]. При искусственной инокуляции уровень симбиотичесой азотфиксации бобово-ризобиального комплекса, как правило, имеет максимальное значение в первый год пользования. Чем выше комплементарность сорто-микробной пары, тем длительнее (3–4 года) сохраняется высокий уровень азотфиксации [10]. Лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФГБНУ ВНИИСХМ на основе микроорганизмов созданы инокулянты для бобовых культур на основе клубеньковых бактерий – группа Ризоторфин. Биопрепараты содержат живые культуры специально отобранных полезных микроорганизмов с заданными контролируемыми свойствами.

Интродуцируемые микроорганизмы, используемые для инокуляции, стимулируют развитие растений, повышают их устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, подавляют развитие патогенной микрофлоры [11]. Для усиления симбиотических взаимодействий формируется сорто-микробная симбиотическая система, состоящая из сорта и генетически комплементарного штамма почвоудобрительных микроорганизмов (с люцерной используют препараты клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* [12].

Эффективность инокуляции подтверждается отечественными и зарубежными исследованиями. Применение ризобиальных инокулянтов важно для повышения урожайности люцерны в устойчивом сельском хозяйстве [13]. В опытах с люцерной синегибридной в условиях предгорной зоны Республики Северная Осетия–Алания установлен положительный эффект инокуляции семян активными штаммами клубеньковых бактерий, в особенности высокогорными штаммами ризобий (увеличение фотосинтетического потенциала на 18,2 %) [14]. В условиях Нижнего Поволжья урожайность трав в зависимости от биопрепаратов увеличивалась на 29,6–32,2 % [15], а содержание химических элементов в растительной и корневой массе бобовых трав выше на 0,35–0,85 и 0,10–0,68 % по сравнению с контрольными вариантами [16].

Результаты симбиотической селекции люцерны, представленные Г.В. Степановой, показывают, что продуктивность сорто-микробных систем в основном определяется штаммом клубеньковых бактерий (влияние инокуляции 60–62%). Предпосевная инокуляция активными штаммами ризобий сортов люцерны, созданных симбиотическими методами селекции, повысила урожайность в первый год пользования на 46–128% на участках, где люцерну прежде не выращивали, и на 32–35% в севообороте с высоким насыщением посевами люцерны [17].

Анализ симбиотической эффективности клубеньковых бактерий в различных регионах России показал, что прибавка урожая бобовых культур при использовании биопрепаратов варьирует в широких пределах – от 7,0 до 108,6 % и зависит от агрохимических показателей почв, сорта, степени окультуренности почв и

др. Рекомендуется применение Ризоторфина, особенно для инокуляции люцерны изменчивой (*Medicago varia*) [18]. Исходя из того, что полученные прибавки в опытах составляют 10–40 % и более, необходимо шире внедрять биопрепараты в практику растениеводства; замена минеральных удобрений и химических средств защиты растений на биологические снизит затраты и обеспечит получение продукции высокого качества [19, 20].

Эффективность биопрепаратов возрастает при использовании на средне- и малоплодородных почвах, где растения испытывают недостаток минерального питания.

Цель исследований – изучить влияние инокуляции семян вирулентными активными штаммами ризобий *Synorhizobium meliloty* на урожайность и качество люцерны изменчивой.

Задачи исследований: установить влияние предпосевной обработки семян штаммами *Synorhizobium meliloty* на урожайность и питательную ценность фитомассы люцерны изменчивой.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методами полевых и лабораторных исследований в 2009–2012 и 2018–2020 гг. изучено влияние инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий *Synorhizobium meliloty* на развитие и продуктивность люцерны изменчивой. Исследования в опыте, учеты и наблюдения осуществляли согласно действующим методическим указаниям [21]. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Схема опыта 1 (2009–2012 гг., сорт Вега 87)*:* 1. Без инокуляции – контроль. 2. Штамм $А_4$. 3. Штамм $А_3$. 4. Штамм 425а. Место проведения исследований – коллекционный питомник отдела кормопроизводства Приморского НИИСХ (ныне ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»).

Схема опыта 2 (2018–2020 гг., сорт Находка): 1. Без инокуляции – контроль. 2. Штамм 425а. 3. Штамм 415. 4. Штамм $А_1$. 5. Штамм $А_9$. Место проведения исследований – коллекционный участок ФГБОУ ВО Приморская ГСХА.

Схема опыта 3 (2019–2020 гг., сорт Находка): 1. Без инокуляции – контроль. 2. Штамм 415б. 3. Штамм $А_1$. 4. Штамм $А_9$. 5. Штамм М-II. 6. Штамм М-VII. Место проведения исследований – коллекционный участок ФГБОУ ВО Приморская ГСХА.

В год посева люцерны производили однократное скашивание растительной массы, в последующие годы жизни – трехкратное. Штаммы клубеньковых бактерий *Synorhizobium meliloty* были предоставлены лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФГБНУ ВНИИСХМ (г. Санкт-Петербург). Штаммы серии А выделены из засоленных почв Арала, характеризуются высокой эффективностью и устойчивостью к стрессам, это перспективные штаммы *Synorhizobium meliloty*. Штаммы клубеньковых бактерий *Synorhizobium meliloty* 425а, 415б – основные производственные штаммы.

Химический анализ почвенных и растительных образцов, дефеката сахарного завода проводился в агрохимической лаборатории ПримНИИСХ, в Уссурийском филиале ФГБУ «Приморская межобластная ветеринарная лаборатория» и в агрохимической лаборатории ФГБОУ ВО Приморская ГСХА.

Почва участков коллекционного питомника Приморского НИИСХ лугово-бурая оподзоленная, тяжелый суглинок по гранулометрическому составу, $pH_{сол}$ – 4,9–5,2, Нг – 2,94–3,12 мг-экв/100 г почвы, содержание P_2O_5 и K_2O – 5,4–6,1 и 8,0–8,7 мг/100 г почвы соответственно, гумуса – 4,16–4,25 %. Почва коллекционного участка ФГБОУ ВО ПГСХА лугово-бурая отбеленная, $pH_{сол}$ – 5,0–5,1, содержание P_2O_5 и K_2O – 3,2–4,5 и 10,0–11,0 мг/100 г почвы соответственно (среднеобеспеченные), общего азота – 0,15–0,23 мг/100 г почвы, органического вещества – 2,5–3,0 %.

Согласно агроклиматическому районированию Приморского края, район проведения исследований (Уссурийский район) располагается в западной степной зоне с суммой температур воздуха выше 10^0С 2600–2400 ^{0}С и годовой суммой осадков 500–600 мм (из них зимние осадки 8–13%). Продолжительность безморозного периода составляет 148–160 дней. Наиболее засушливыми были 2009 и 2010 гг., самым дождливым – 2018 г., самыми жаркими – 2010 и 2012 гг. По ГТК годы исследова-

ний характеризовались следующим образом: 2009–2011 гг. – умеренно влажные; 2012 и 2019 гг. – влажные; 2018 и 2020 гг. – избыточно влажные (табл. 1).

В целом метеоусловия в годы проведения исследований были благоприятными для возделывания люцерны.

Таблица 1

Метеорологические условия в годы проведения исследований (по данным агрометеостанции пос. Тимирязевский)
Meteorological conditions during the years of research (according to data from the agrometeorological station in the village of Timiryazevsky)

Показатель	Годы исследований							Средне многолетнее
	2009	2010	2011	2012	2018	2019	2020	
Сумма активных температур, °С	2570,8	2859,4	2597,2	2811,7	2625	2746	2684	2533
Количество осадков, мм	339,7	323,8	402,3	490,8	714,1	472	590,5	457,0
Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,32	1,13	1,55	1,75	2,72	1,72	2,2	1,84

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что инокуляция семян люцерны штаммами *Synorhizobium meliloty* способствовала более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества люцерны 1–4-го годов жизни (табл. 2).

Таблица 2

Влияние инокуляции различными штаммами ризобий *Synorhizobium meliloty* на урожайность зеленой массы и сухого вещества люцерны изменчивой
Effect of vaccination with various strains of rhizobia *Synorhizobium meliloty* on the yield of green mass and dry matter of alfalfa

Вариант	Урожайность люцерны, т/га					
	1-го года жизни*	2-го года жизни**	3-го года жизни***	4-го года жизни****	в сумме	прибавка, %
1	2	3	4	5	6	7
Опыт 1						
Без инокуляции (контроль)	8,25/1,98	56,87/13,73	46,65/12,67	30,47/6,74	142,24/35,12	-
$А_4$	9,54/2,32	60,39/15,41	49,37/13,68	34,12/7,78	153,42/39,19	7,9/11,6
Аз	9,87/2,53	60,52/15,11	52,40/13,88	33,29/8,77	156,08/40,29	9,7/14,7
425а	9,99/2,49	63,28/16,11	52,65/14,14	32,72/8,41	158,64/41,15	11,5/17,2
$НСР_{05}$ (ЗМ)	0,71	1,15	1,31	0,82		
Опыт 2а						
Без инокуляции (контроль)	4,81/1,19	42,37/9,93	26,97/7,19	-	74,15/18,31	-
425а	5,75/1,52	49,86/12,60	28,71/8,17	-	84,32/22,29	13,7/21,7
415	5,34/1,40	48,50/11,51	28,20/7,77	-	82,04/20,68	10,6/12,9
$А_1$	4,96/1,30	47,08/11,96	28,26/7,91	-	80,30/21,17	8,3/15,6
$А_9$	5,45/1,42	45,60/11,36	28,13/7,83	-	79,18/20,61	6,8/12,6
$НСР_{05}$ (ЗМ)	0,48	2,99	0,67			
Опыт 3б						
Без инокуляции (контроль)	10,12/2,56	80,33/18,39	-	-	90,45/20,95	-
415б	12,70/3,36	91,50/21,71	-	-	104,20/25,07	15,2/19,7

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
A_1	12,90/3,37	84,00/20,00	-	-	96,90/23,37	7,1/11,6
A_9	12,80/3,40	84,17/19,03	-	-	96,97/22,43	7,2/7,1
М-II	11,90/3,09	82,17/19,29	-	-	94,07/22,38	4,0/6,8
М-VII	11,80/3,11	84,17/20,12	-	-	95,97/23,23	6,1/10,9
$НСР_{05}$ (ЗМ)	1,11	4,41				

Примечания. 1. В числителе – зеленая масса, т/га; в знаменателе – сухое вещество, т/га. 2. а – данные по однократной закладке опыта (закладка опыта 2018 г., данные за 2018–2020 гг.); б – данные по однократной закладке опыта (закладка опыта 2019 г., данные за 2019–2020 гг.).
* В среднем за три закладки опыта (2009–2011 гг.); ** в среднем за три года исследований (2010–2012 гг.); *** в среднем за два года исследований (2011–2012 гг.); **** за один год исследований (2012 г.).
Notes 1. Numerator – green mass, t/ha; The denominator is dry matter, t/ha. 2. a – data on a one-time laying of experience (laying of experience in 2018, data for 2018–2020); b – data on a one-time laying of experience (laying of experience in 2019, data for 2019–2020).
* Average for three bookmarks of experience (2009–2011); ** average for three years of research (2010–2012); *** average for two years of study (2011–2012); **** for one year of research (2012).

В среднем по опыту 1 по трём закладкам опыта (2009–2011 гг.) установлено, что предпосевная обработка семян штаммами *Synorhizobium meliloty* достоверно увеличивает урожайность зеленой массы люцерны в год посева на 15,6–21,1 %, люцерны второго года жизни – на 6,2–11,3, третьего – на 5,8–12,9, четвертого – на 7,4–12,0 %. Сбор сухого вещества люцерны сорта Вега 87 первого года жизни в вариантах с инокуляцией *Synorhizobium meliloty* увеличился на 17,2–27,8 %, второго – на 10,1–17,3, третьего – на 8,0–11,6 и четвертого – на 15,4–30,1 % в сравнении с контролем. Суммарный сбор зеленой массы люцерны за четыре года жизни (10 укосов) составил 142,2–148,6 т/га, прибавка урожайности от изучаемого фактора – 11,2–16,4 т/га, или 7,9–11,5 %, а сбор сухого вещества увеличился на 4,1–6,0 т/га, или 11,6–17,2 %. Наибольшая урожайность зеленой массы и сухого вещества получена в варианте с инокуляцией штаммом 425а.

По опыту 2 (однократная закладка опыта в 2018 г., три года жизни люцерны) в год посева прибавка зеленой массы в опытных вариантах составила 3,1–19,5 % по сравнению с контрольным вариантом, во второй год жизни – 7,6–17,7, третий – 4,3–6,4 %. Прибавка суммарной урожайности зеленой массы за три года (пять укосов) составила 5,0–10,2 т/га, или 6,8–13,7 %. Положительное влияние инокуляции вирулентными активными штаммами ризобий на суммарный сбор сухого вещества выразилось в его увеличении в год посева на 9,2–27,7 %, во второй год жизни – на 14,4–26,9, в третий – на 8,1–13,6 %. Суммарный сбор сухого вещества за три года жизни люцерны возрос в вариантах с инокуляцией на 12,6–21,7 %. Наибольшую прибавку урожайности зеленой массы и сухого вещества обеспечил основной производственный инокулянт 425а.

По опыту 3 (однократная закладка опыта в 2019 г., два года жизни люцерны) прибавка зеленой массы от изучаемого фактора в год посева составила 1,68–2,78 т/га, или 16,6–27,5 % с максимумом в варианте с перспективным штаммом A_1, во второй год жизни – 1,84–11,17 т/га, или 2,3–13,9 % с наибольшим значением показателя в варианте с инокуляцией штаммом 415б. Прибавка суммарной урожайности зеленой массы за два года составила 3,6–13,8 т/га, или 4,0–15,2 %. Наибольшую прибавку обеспечил основной производственный инокулянт 415б. По сбору сухого вещества отмечаем увеличение в опытных вариантах в год посева на 21,5–32,8 %, во второй год жизни – на 3,5–18,1 %. Суммарный сбор сухого вещества за два года жизни люцерны увеличился в вариантах с предпосевной обработкой семян на 1,48–4,12 т/га, или 6,8–19,7 %. Наибольший сбор зеленой массы и сухого вещества в опыте 3 обеспечил вариант с инокуляцией производственным штаммом 415б.

Суммарный сбор зеленой массы по трём опытам в вариантах с инокуляцией семян люцерны штаммами ризобий увеличился на 4,0–15,2 %, а сбор сухого вещества – на 6,8–21,7

%. Наибольшую прибавку урожайности зеленой массы и сухого вещества в опытах 1 и 2 обеспечил основной производственный штамм 425а, а в опыте 3 – штамм 415б.

Установлена положительная роль вирулентных штаммов ризобий *Synorhizobium meliloty* в увеличении питательной и энергетической ценности люцерны изменчивой (табл. 3).

Таблица 3

Питательная и энергетическая ценность люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции штаммами Synorhizobium meliloty (среднее за 2009–2012 и 2018–2020 гг.)
Nutritional and energy value of alfalfa variable depending on inoculation with Synorhizobium meliloty strains (average for 2009-2012 end 2018-2020)

Вариант	СВ, т/га	Содержание в 1 кг СВ		Выход с 1 га			Обеспеченность 1 к. ед. ПП, г
		Кормовых единиц	ПП, г	Кормовых единиц, тыс.	ПП, т	ОЭ, ГДж	
Опыт 1							
1. Без инокуляции (контроль)	8,78	0,826	149,33	7,25	1,31	97,89	180,79
2. $А_4$	9,80	0,824	158,70	8,08	1,56	109,37	192,60
3. $А_3$	10,07	0,827	159,08	8,33	1,60	112,48	192,36
4. 425а	10,29	0,820	162,45	8,44	1,67	114,84	198,11
Опыт 2							
1. Без инокуляции (контроль)	6,10	0,771	132,68	4,70	0,81	67,72	172,09
2. 425а	7,43	0,798	150,45	5,93	1,12	82,87	188,53
3.415	6,89	0,775	143,48	5,34	0,99	76,52	185,14
4. $А_1$	7,06	0,786	149,55	5,55	1,06	78,78	190,27
5. $А_9$	6,87	0,784	143,10	5,39	0,98	76,39	182,53
Опыт 3							
1. Без инокуляции (контроль)	10,48	0,791	131,03	8,29	1,37	116,11	165,65
2. 415б	12,54	0,825	127,50	10,35	1,60	138,91	154,55
3. $А_1$	11,69	0,789	141,79	9,22	1,66	129,16	179,71
4. $А_9$	11,22	0,834	130,54	9,36	1,46	124,84	156,52
5. М-II	11,19	0,816	121,92	9,13	1,36	124,01	149,41
6. М-VII	11,62	0,826	117,19	9,60	1,36	128,83	141,88

Примечание. СВ – сухое вещество; ПП – переваримый протеин; ОЭ – обменная энергия.

Анализируя данные табл. 3 по опыту 1, можно отметить, что инокуляция не оказала влияния на содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества. По другим показателям четко прослеживается положительное влияние изучаемого фактора. Так, нами установлено увеличение содержания переваримого протеина в 1 кг сухого вещества на 9,4–13,1 г, или 6,3–8,8 %. На 19,1–27,5 % увеличивается сбор переваримого протеина с 1 га, а концентрация обменной энергии с 1 га в опытных вариантах на 11,7–17,3 % превышает контроль. Максимальное содержание переваримого протеина в 1 кг сухого вещества, максимальный выход кормовых единиц, перевариваемого протеина, обменной энергии с 1 га и обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином получены в варианте с предпосевной обработкой штаммом 425а.

В опыте 2 наибольшее содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества растительной массы люцерны сорта Находка обнаружено в варианте с инокуляцией основным производственным штаммом 425а. Содержание переваримого протеина в 1 кг сухого вещества увеличилось на 7,9–13,4 % по сравнению с контрольным вариантом, выход кормовых единиц с 1 га превысил контроль на 13,6–26,2 %, сбор переваримого

протеина с 1 га – на 21,0-38,3 %, концентрация обменной энергии с 1 га в опыте на 12,8–22,4 % превысила контроль. Обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином возросла на 6,1–10,6 % (против 6,4–9,6 % в опыте 1). По всем показателям, за исключением обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином, преимущество в опыте 2 также имел производственный инокулянт 425а.

В опыте 3 наибольшее содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества растительной массы люцерны сорта Находка отмечено в варианте с инокуляцией $А_9$. Содержание переваримого протеина в 1 кг сухого вещества превышало контрольный вариант только в варианте с инокуляцией штаммом $А_1$, увеличение составило 8,2 %. Выход кормовых единиц с 1 га превзошел контроль на 10,1–4,8 %. Сбор переваримого протеина с 1 га на 6,6–21,2 % превышал контроль, за исключением вариантов с инокуляцией штаммами М-II и М-VII (на уровне контроля). Концентрация обменной энергии с 1 га в опытных вариантах на 6,8–9,6 % была выше, чем в контроле. По выходу кормовых единиц и обменной энергии с 1 га преимущество имел вариант с инокуляцией штаммом 415б, а по содержанию переваримого протеина в 1 кг сухого вещества, выходу переваримого протеина с 1 га и обеспеченности одной кормовой единицы переваримым протеином лидировал вариант с инокуляцией перспективным штаммом $А_1$.

ВЫВОДЫ

1. В ходе проведенных семилетних исследований по изучению эффективности различных штаммов клубеньковых бактерий *Synorhizobium meliloty* при возделывании люцерны изменчивой установлена их положительная роль в повышении урожайности, питательной и энергетической ценности люцерны.

2. Суммарный сбор зеленой массы по трём опытам в вариантах с инокуляцией семян люцерны штаммами ризобий увеличился на 4,0–15,2 %, а сбор сухого вещества – на 6,8–21,7 %. Наибольшую прибавку урожайности зеленой массы и сухого вещества в опытах 1 и 2 обеспечил основной производственный штамм 425а, а в опыте 3 – производственный штамм 415б. По качественным показателям в опытах 1 и 2 преимущество имел производственный инокулянт 425а, а в опыте 3 – перспективный штамм $А_1$ и производственный штамм 415б.

3. С целью адаптивной интенсификации кормопроизводства рекомендуется создание устойчивых агрофитоценозов с люцерной изменчивой с проведением инокуляции семян вирулентными активными штаммами ризобий (преимущественно основными производственными штаммами 425а и 415б). Применение штаммов клубеньковых бактерий *Synorhizobium meliloty* для предпосевной обработки семян люцерны изменчивой имеет достаточно высокую эффективность, способствует повышению продуктивности и экологической устойчивости растений к стрессовым условиям Приморского края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Биологические* факторы влияния на производство семян пшеницы озимой в условиях западной лесостепи Украины / А.П. Волощук, И.С. Волощук, В.В. Глива [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 1. – С. 7–15. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-7-15.
2. *Влияние* инокуляции клубней картофеля бактериями рода Bacillus на популяцию ризосферных микроорганизмов / В.С. Масленникова, В.П. Цветкова, С.М. Нерсесян [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 1. – С. 46–55. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-46-55.
3. *Rhizobia–Legume* Symbiosis During Environmental Stress / S. Shankar, E. Haque, T. Ahmed [et al.] // Symbiotic Soil Microorganisms. – 2021. – N 1. – P. 201–220.
4. *Springer Cham. S Saidi, Cherif-Silini H., Bouket A.C.* Improvement of Medicago sativa Crops Productivity by the Co-inoculation of Sinorhizobium meliloti –Actinobacteria Under Salt Stress // Current Microbiology. – 2021. – Vol. 78. – P. 1344–1357.

5. *Green* Compost Combined with Mycorrhizae and Rhizobia: A Strategy for Improving Alfalfa Growth and Yield Under Field Conditions / R. Ben-Laouane, M. Ait-El-Mokhtar, M. Anli [et al.] // Gesunde Pflanzen. – 2021. – Vol. 73, N 2. – P. 193–207.
6. *Ramos-Ulate K.M., Carmen María.* Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (Medicago sativa L.) como alternativas para un cultivo sustentable // Cultivos Tropicales. – 2021. – Vol. 42, N 2. – P. 10.
7. *Medicago* sativa L., commonly known as alfalfa or 'lucerne', is the world's leading forage legume and a low-input bioenergy crop Micro RNA 156 as a promising tool for alfalfa improvement / B. Aung, M.Y. Gruber, L. Amyot [et al.] / Plant Biotechnol. J. – 2015. – Vol. 13. – P. 779–790.
8. *Биопрепараты* в сельском хозяйстве. Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И.А. Тихонович [и др.]; отв. ред. И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов. – М.: РАСХН, 2005. – С. 3–10.
9. *Симбиотические* биотехнологии создания эффективных сорто-микробных систем кормовых трав / Г.В. Степанова, Ю.В. Нижник, О.В. Селицкая, Л.С. Антонова // Кормопроизводство: Проблемы и пути решения. – Лобня, 2007. – С. 357–364. – 424 с.
10. *Адаптивное* кормопроизводство: проблемы и решения (к 80-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса / под ред. А.С. Шпакова, И.А. Трофимова, А.А. Кутузовой. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 523 с.
11. *Тихонович И.А., Завалин А.А.* Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // Плодородие. – 2016. –№ 5. – С. 28–32.
12. *Научные* основы селекции и семеноводства многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России / С.В. Сапрыкин, В.Н. Золотарев, И.С. Иванов [и др.]. – Воронеж: Воронеж. Обл. тип., 2020. – 496 с.
13. *Alfalfa* for a Sustainable Ovine Farming System: Proposed Research for a New Feeding Strategy Based on Alfalfa and Ecological Leftovers in Drought Conditions / C. Viti, A. Bellabarba, M. Daghio [et al.] // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – P. 3880. – https://doi.org/10.3390/ su13073880.
14. *Козырева М.Ю., Басиева Л.Ж.* Фотосинтетические показатели посевов люцерны в зависимости от типа азотного питания // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2. – С. 27–33. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-27-33.
15. *Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Кулик Д.К.* Симбиотическая деятельность и продуктивность многолетних бобовых трав при использовании микробиологических препаратов // Плодородие. – 2018. – № 5. – С. 61–63. – DOI: 10.25680/S19948603.2018.104.19.
16. *Эффективность* использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав / Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, О.И. Двойникова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 2 (62). – С. 41–50. – DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04.
17. *Степанова Г.В.* Результаты симбиотической селекции люцерны // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 53 (1). – С. 14–22. – https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-2.
18. *Юрков А.П., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П.* Анализ симбиотической эффективности бактериальных и грибных препаратов на кормовых культурах по данным урожайности семян // Кормопроизводство. – 2017. – № 3. – С. 16–19.
19. *Эффективность* микробных препаратов корневых диазотрофов при возделывании зерновых культур в условиях Алтайского Приобья / В.С. Курсакова, Л.А. Новикова, О.О. Кузнецов [и др.] // Вестник АГАУ. – 2013. – № 10 (108). – С. 5–7.
20. *Ступина Л.А.* Влияние ризоторфина и карбоксиметилированных препаратов на фотосинтетическую активность и продуктивность сои в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края // Вестник АГАУ. – 2018. – № 7 (165). – 2018. – С. 16–20.
21. *Методические* указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / сост.: Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов [и др.]. – М.: РАСХН, 1997. – 156 с.

REFERENCES

1. Voloshchuk A.P., Voloshchuk I.S., Gliva V.V. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. 1, pp. 7–15, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-7-15. (In Russ.)
2. Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Nersesyan S.M., Bedareva E.V., Kalmykova G.V., Dubovsky I.M., Litvina L.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 1, pp. 46–55, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-46-55. (In Russ.)
3. Shankar S., Haque E., Ahmed T., Kiran G.S., Hassan S., Selvin J., Rhizobia–Legume Symbiosis During Environmental Stress, *Symbiotic Soil Microorganisms*, 2021, No. 1, pp. 201–220.
4. Springer Cham. S Saidi, Cherif-Silini H., Bouket A.C. [et al.], Improvement of Medicago sativa Crops Productivity by the Co-inoculation of Sinorhizobium meliloti – Actinobacteria Under Salt Stress, *Current Microbiology*, 2021, Vol. 78, pp. 1344–1357.
5. Ben-Laouane R., Ait-El-Mokhtar M., Anli M., Boutasknit A., Rahou Y.A., Raklami A., Meddich A., Green Compost Combined with Mycorrhizae and Rhizobia: A Strategy for Improving Alfalfa Growth and Yield Under Field Conditions, *Gesunde Pflanzen*, 2021,Vol. 73, No. 2, pp. 193–207.
6. Ramos-Ulate K.M., Carmen María, Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (Medicago sativa L.) como alternativas para un cultivo sustentable, *Cultivos Tropicales*, 2021,Vol. 42, No. 2, pp. 10.
7. Aung B., Gruber M.Y., Amyot L., Omari K., Bertrand A., Hannoufa A., Medicago sativa L. commonly known as alfalfa or 'lucerne', is the world's leading forage legume and a low-input bioenergy crop Micro RNA 156 as a promising tool for alfalfa improvement, *Plant Biotechnol. J.*, 2015, Vol. 13, pp. 779–790.
8. Tikhonovich I.A. [i dr.], *Biopreparaty v sel'skom khozyaistve. Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve*", (Biological products in agriculture. Methodology and practice of application of microorganisms in crop and feed production), Moscow: RASKhN, 2005, pp. 3–10.
9. Stepanova G.V., Nizhnik Yu.V., Selitskaya O.V., Antonova L.S., *Kormoproizvodstvo: Problemy i puti resheniya*, Lobnya, 2007, pp. 357–364. (In Russ.).
10. Shpakov A.S., Trofimov I.A., Kutuzova A.A., *Adaptivnoe kormoproizvodstvo: problemy i resheniya (k 80-letiyu VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa* (Adaptive fodder production: Problems and Solutions (to the 80th anniversary of the V.R. Williams Institute of Forage production), Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2002, 524 p.
11. Tikhonovich I.A., Zavalin A.A., *Plodorodie*, 2016, No. 5, pp. 28–32. (In Russ.)
12. Saprykin S.V., Zolotarev V.N., Ivanov I.S. [i dr.], *Nauchnye osnovy selektsii i semenovodstva mnogoletnikh trav v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii* (Scientific bases of breeding and seed production of perennial grasses in the Central Chernozem region of Russia), Voronezh: Voronezhskaya oblastnaya tipografiya, 2020, 496 p.
13. Viti C., Bellabarba A., Daghio M. [et al.], Alfalfa for a Sustainable Ovine Farming System: Proposed Research for a New Feeding Strategy Based on Alfalfa and Ecological Leftovers in Drought Conditions, *Sustainability,* 2021, Vol. 13, pp. 3880, https://doi.org/10.3390/ su13073880.
14. Kozyreva M.Yu., Basieva L.Zh., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. 2, pp. 27–33, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-27-33. (In Russ.)
15. Dronova T.N., Burtseva N.I., Kulik D.K., *Plodorodie*, 2018, No. 5, pp. 61–63, DOI: 10.25680/ S19948603.2018.104.19. (In Russ.)
16. Dronova T.N., Burtseva N.I., Dvoinikova O.I., Zemtsova I.P., Zemlyanitsina S.V., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021, No. 2 (62), pp. 41–50, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-04. (In Russ.)
17. Stepanova G.V., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023, No. 53 (1), pp. 14–22, https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-2 (In Russ.)
18. Yurkov A.P., Lactionov Yu.V., Kojemyakov A.P., Stepanova G.V., *Kormoproizvodstvo,* 2017, No. 3, pp. 16–19. (In Russ.)
19. Kursakova V.S., Novikova L.A., Kuznetsov O.O. [i dr.], *Vestnik AGAU*, 2013, No. 10 (108), pp. 5–7. (In Russ.)
20. Stupina L.A., *Vestnik AGAU*, 2018, No. 7 (165), 2018, pp. 16–20. (In Russ.).
21. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P., Karavyansky N.S. [i dr.], *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami* (Guidelines for conducting field experiments with forage crops), Moscow: RASKhN, 1997, 155 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-75-85
УДК 623.3; 631. 527.08

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИРОДНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

А.С. Коробейников, кандидат сельскохозяйственных наук
Л.Ф. Ашмарина, доктор сельскохозяйственных наук
М.П. Казанцев, аспирант
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН
E-mail: contra.boehm@gmail.com

***Ключевые слова*:** возбудители, пшеница, рожь, ячмень, адсорбенты, глины, *Alternaria*, *Fusarium*, зараженность.

Реферат. *В условиях Западной Сибири существует проблема ежегодного поражения зерновых культур комплексом фитопатогенов, влияющего на ряд качеств семенного материала, таких как всхожесть, энергия прорастания и др. На эти показатели оказывают влияние также условия формирования и уборки зерна. Накопление в зерне продуктов жизнедеятельности фитопатогенов приводит к ухудшению его органолептических свойств, снижению всхожести, а кроме того, микотоксины несут опасность для здоровья человека. Таким образом, обработка посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее экономичных мероприятий по защите растений. При этом ввиду ряда негативных свойств химических препаратов – таких, как экологическая опасность и высокая стоимость обработки – целесообразным становится поиск более безопасных способов. В данной работе использовались природные адсорбенты на основе глин различного происхождения с целью изучения их влияния на фитосанитарное состояние семян зерновых культур при послеуборочной обработке. В ходе исследования изучались такие показатели фитосанитарного состояния семенного материала, как исходная зараженность семян до закладки на хранение, распространенность и индексы развития болезней в фазу кущения после обработки семян различными глинами. Результаты показали, что в целом обработка адсорбентами благоприятно действует на фитосанитарное состояние семян зерновых культур. Обработка семян яровой пшеницы белой глиной привела к достоверно более низким показателям распространенности и развития корневых гнилей. Подобный же результат в опыте с озимой пшеницей был получен при обработке семян красной глиной. На ржи снижение развития корневой гнили наблюдалось при обработке белой и желтой глинами, на ячмене – белой и красной; в опыте с желтой глиной положительного эффекта на ячмене не наблюдалось.*

INFLUENCE OF TREATMENT OF GRAIN SEEDS WITH NATURAL ADSORBENTS ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF SEED MATERIAL

A.S. Korobeinikov, PhD in Agricultural Sciences
L.F. Ashmarina, Doctor of Agricultural Sciences
M.P. Kazantsev, PhD student
Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of RAS
E-mail: contra.boehm@gmail.com

Keywords: pathogens, wheat, rye, barley, adsorbents, clays, Alternaria, Fusarium, contamination.

Abstract. *In the conditions of Western Siberia, there is a problem of annual damage to grain crops by a complex of phytopathogens, which affects several qualities of seed material, such as germination, germination energy, etc. The conditions of grain formation and harvesting also influence these indicators. The accumulation of waste products of phytopathogens in grain leads to a deterioration in its organoleptic properties, a decrease in germination, and mycotoxins pose a danger to human health. Thus, processing seed material to protect it from diseases and pests is one of the most economical plant protection measures. At the same time, due to the many harmful properties of chemicals - such as environmental hazards and high processing costs - it becomes advisable to search for safer methods. In this work, natural adsorbents based on clays of various origins were used to study their effect on the phytosanitary state of grain seeds during post-harvest processing. The study examined such indicators of the phytosanitary state of seed material as the initial contamination of seeds before storage and the*

prevalence and indices of disease development in the tillering phase after treating seeds with various clays. The results showed that, in general, treatment with adsorbents has a beneficial effect on the phytosanitary condition of grain seeds. Treatment of spring wheat seeds with white clay led to significantly lower rates of prevalence and development of root rot. A similar result was obtained in an experiment with winter wheat when seeds were treated with red clay. On rye, a decrease in the development of root rot was observed when treated with white and yellow clays, and on barley – with white and red; in the experiment with yellow clay, no positive effect was observed on barley.

В настоящее время семена сельскохозяйственных культур в Западной Сибири поражаются целым комплексом разнообразных болезней [1, 2]. Это оказывает негативное влияние на ряд качеств семенного материала – таких, как всхожесть, энергия прорастания и др. [3]. На качество семян, наряду с высокой зараженностью, оказывают большое влияние условия формирования и уборки зерна. Природно-климатические условия региона в период уборки урожая не всегда благоприятны. В опытах академика ВАСХНИЛ П.Н. Константинова [4] установлено, что разница в урожайности при посеве яровой пшеницы, ячменя и овса семенами одного и того же сорта, но разными по месту происхождения, может достигнуть 83,3% и перекрыть сортовые различия.

Под действием патогенных микроорганизмов, находящихся на семенах, изменяются, прежде всего, основные показатели свежести зерна: цвет, блеск, запах и вкус. Изменение цвета зерна сопровождается образованием запахов разложения, обусловленных развитием микофлоры. Результатом накопления в зерне продуктов активной жизнедеятельности грибов являются плесневый и затхлый запахи, которые могут появиться в партиях зерна с повышенной влажностью очень быстро – через несколько суток хранения [5, 6]. Плесневение зерна сопровождается понижением его всхожести, что объясняется отравлением клеток зародыша семени продуктами метаболизма грибов, обладающими токсическими свойствами. Зерно пшеницы, содержащее зерновки с потемневшими зародышами, считают больным. Развитие фитопатогенных грибов в зерне в период хранения может сопровождаться образованием микотоксинов [7, 8]. Микотоксины – продукты жизнедеятельности плесеней – чрезвычайно токсичны для животных и человека. Обнаружено более 200 токсических веществ, выделяемых плесневыми грибами: афлатоксины, охратоксины, патулин, зеараленон и др. [9, 10]. Кроме того, из-за потери питательных веществ и повреждения клеток эффективность прорастания снижается с увеличением срока хранения, что отрицательно сказывается на биохимических свойствах семян пшеницы [11, 12].

Высококачественные семена – один из важнейших элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Они определяют оптимальную густоту посева, рост и развитие растений и в конечном счете урожайность. Однако они могут являться носителями многих возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Сохраняясь в семенах, они приводят к значительным потерям урожая за счет снижения количества продуктивных стеблей (пыльная и твердая головня злаковых культур, фузариозная корневая гниль и др.).

Обработка посевного материала в целях его защиты от болезней и вредителей является одним из наиболее целенаправленных и, следовательно, экономичных мероприятий по защите растений. Однако химические протравители, которые достаточно эффективно обеззараживают семена, имеют ряд негативных качеств: высокая стоимость обработки и экологическая опасность. Послеуборочная обработка семян от болезней природными адсорбентами различного состава является наиболее экологичным способом. К таким адсорбентам относится глина.

Глина – это природное ископаемое, осадочная горная порода. Породообразующим минералом в глине является каолинит. В его составе 47% оксида кремния и 39% оксида алюминия. В зависимости от происхождения глина может иметь различный состав микроэлементов. Она может быть различных оттенков: темный цвет приобретается за счет углерода и железа, голубой – за счет минерала монтмориллонита. В старину глиной обмазывали штамбы деревьев: считалось, что это лучший природный антисептик. По происхождению глины бывают материковыми и морскими. Есть глины поверхностные (вторичный продукт) и глубинные.

Глины глубокого залегания, которые добывают с глубины 30-100 м, сформировались более 500 млн лет назад. Микроэлементы из них не вымывались, и они не пропитаны вредными веществами. Именно такую глину используют в садоводстве, для лечения и в косметических целях.

Цель исследований – изучить влияние послеуборочной обработки семян зерновых культур адсорбентами на основе глин различного происхождения на их фитосанитарное состояние.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в секторе иммунитета и защиты растений СибНИИ кормов СФНЦА РАН. Оценку влияния обработки адсорбентами на зараженность семян различных зерновых культур осуществляли в лабораторном опыте. В конце уборки семена, доведенные до посевных кондиций согласно ГОСТу, обрабатывали различными адсорбентами. В опыте использовали следующие культуры: пшеницу яровую, пшеницу озимую, рожь и ячмень.

Обработку семян проводили адсорбентами на основе различных глин (белая, желтая, красная) по определенной новаторской технологии (находится на стадии патентования). Затем семена закладывали на хранение в естественных условиях хранения. Отбор семян для контроля их фитосанитарного состояния и изменения посевных качеств проводили через 7 месяцев хранения. Микологический анализ семян осуществляли по методу А.Н. Наумова [9], видовую идентификацию грибов – по определителям М.К. Хохрякова [13], В.И. Билай [14, 15], и Н.М. Пидопличко [16].

Оценку влияния обработки глинами семян зерновых на поражение фитопатогенами в полевых условиях проводили в микрополевом опыте на опытном поле СибНИИ кормов. Повторность опыта трехкратная. Учет корневой гнили растений (в фазу кущения) осуществляли по общепринятым методикам.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Snedecor и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводили на четырех наиболее распространенных зерновых культурах, возделываемых в Западной Сибири. Исходный анализ инфицирования семян яровой пшеницы фитопатогенными грибами после уборки показал достаточно высокий уровень их заспоренности. Так, заражение грибами рода *Alternaria* составило 100 %, видами рода *Fusarium* – 40, *Bipolaris* – 14 %, что превышает порог вредоносности.

В процессе длительного хранения семян (через 7 месяцев) наблюдалось снижение уровня зараженности грибами рода *Alternaria* в результате обработки всеми видами глин в 1,28–1,46 раза (рис.1). В отношении грибов рода *Fusarium* также отмечено уменьшение заражения во всех вариантах опыта. В процессе хранения выявлено низкое инфицирование грибом *B. sorokiniana* – (от 2 до 4 %). В варианте с желтой глиной произошло повышение зараженности грибами рода *Penicillium*, хотя статистически не достоверно.

Подтверждением обеззараживающего действия адсорбентов на основе глин служат данные, полученные в микрополевом опыте. В фазу полного кущения различные подземные органы яровой пшеницы были проанализированы на интенсивность развития и распространенность корневой гнили (рис. 2, 3). Полученные результаты свидетельствуют, что в большинстве случаев установлена тенденция к снижению индекса развития болезни в результате обработки различными адсорбентами. Так, наиболее чёткие достоверные результаты (по тесту Данна ($p < 0,1$) получены по развитию заболевания на основании стебля растений, выросших из семян, обработанных белой глиной. В этом варианте отмечено снижение развития заболевания на всех проанализированных органах. В результате обработки другими глинами также наблюдалось снижение индекса развития болезни, но достоверного обеззараживающего эффекта не выявлено.

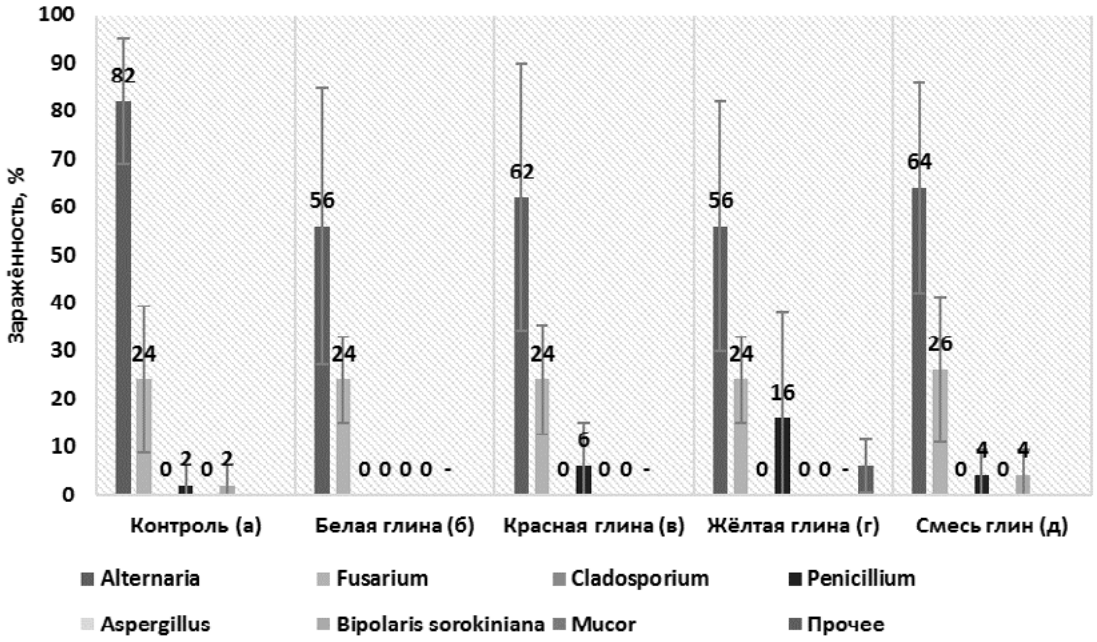


Рис. 1. Заражённость семян яровой пшеницы после 7 месяцев хранения. Здесь и далее: буква – значимость отличия от соответствующего варианта по тесту Данна (в данном случае: p <0,05); планки погрешностей – стандартное отклонение

Contamination of spring wheat seeds after 7 months of storage. After this: letter – the significance of difference from the corresponding option according to Dunn's test (in this case: p <0.05); Error bars – standard deviation

Среди проанализированных органов пшеницы отмечено наиболее сильное проявление корневой гнили у эпикотиля и основания стебля в контроле, а в результате обработки семян адсорбентами происходило значительное снижение развития болезни. Распространенность заболевания на основании стебля растения превышала 50 %, а в результате обработки глинами происходило значительное снижение (см. рис. 3).

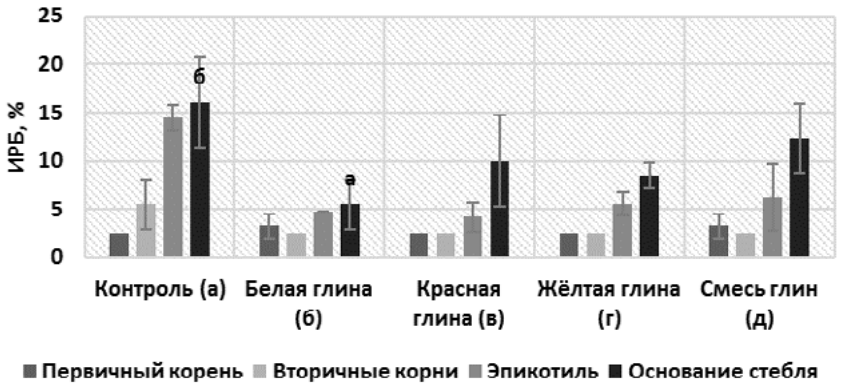


Рис. 2. Индексы развития корневой гнили яровой пшеницы в фазу полного кущения (p <0,1)

Indices of development of root rot of spring wheat in the complete tillering phase (p <0.1)

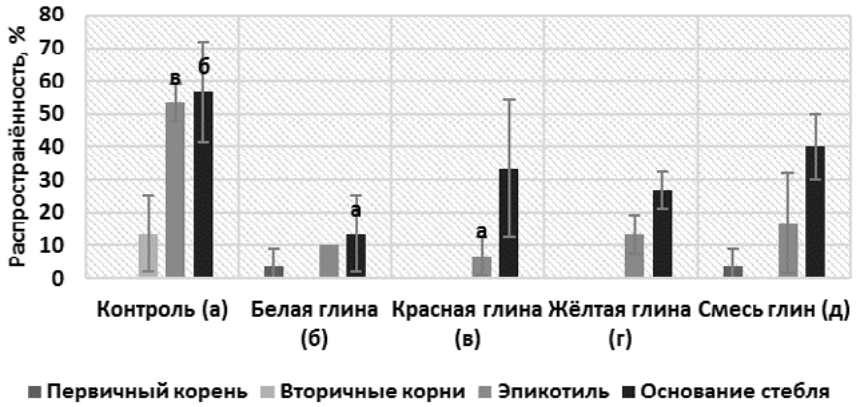


Рис. 3. Распространенность корневой гнили яровой пшеницы в фазу полного кущения (p <0,1)
Prevalence of root rot of spring wheat in the complete tillering phase (p <0.1)

Изучение семян озимой пшеницы показало, что их исходное заражение (до закладки опыта) грибами рода *Alternaria* составило 100%, видами рода *Fusarium* – 8, а грибом *B. sorokiniana* – 12 %, что превышает порог вредоносности и свидетельствует о высокой инфицированности возбудителями корневой гнили.

При хранении семян в течение 7 месяцев с даты обработки семян озимой пшеницы всеми глинами достоверного снижения зараженности не отмечено (рис. 4), однако наблюдается тенденция к снижению общей численности грибов рода *Alternaria*. В то же время увеличилось число колоний грибов рода *Fusarium* в результате обработки белой и красной глинами, хотя статистически недостоверно.

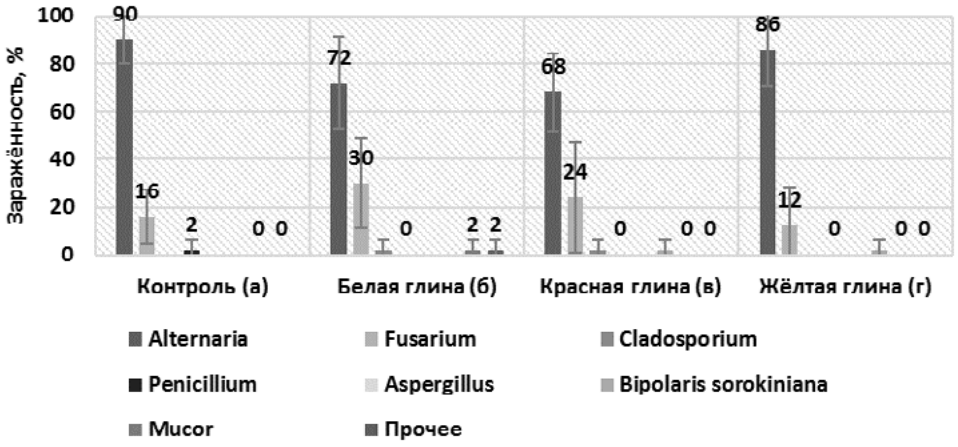


Рис. 4. Заражённость семян озимой пшеницы после 7 месяцев хранения (p <0,05)
Infection of winter wheat seeds after 7 months of storage (p <0.05)

Результаты, полученные в ходе полевого опыта, свидетельствуют, что в большинстве случаев установлена тенденция к снижению распространенности и индекса развития болезней озимой пшеницы в результате обработки различными адсорбентами. Так, достоверные результаты по тесту Данна (p <0,05) получены при применении красной глины на семенах озимой пшеницы (рис. 5, 6). Наиболее сильное проявление корневой гнили выявлено у основания стебля в контроле (выше ЭПВ), а в результате обработки семян всеми видами глин происходило значительное снижение индекса развития болезни.

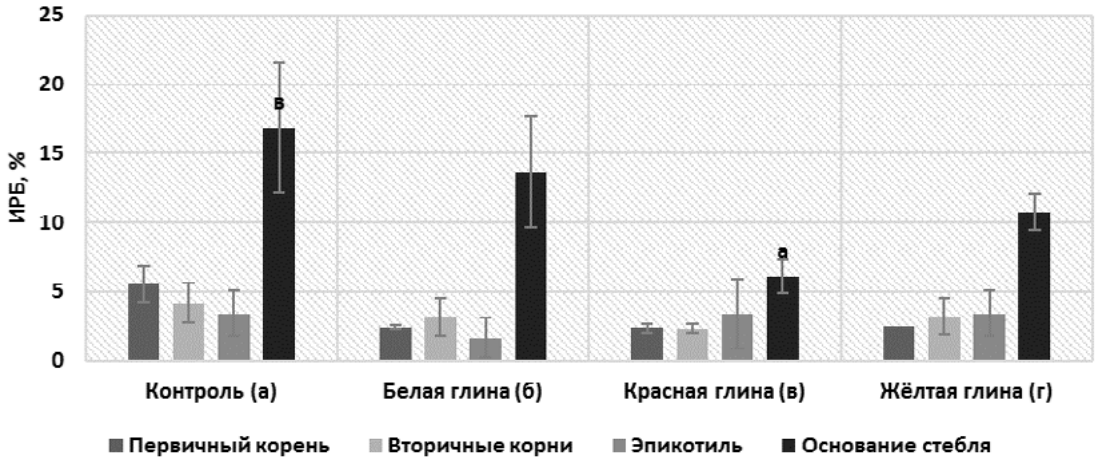


Рис. 5. Индексы развития корневой гнили озимой пшеницы в фазу полного кущения (p <0,1)
Indices of development of root rot of winter wheat in the complete tillering phase (p <0.1)

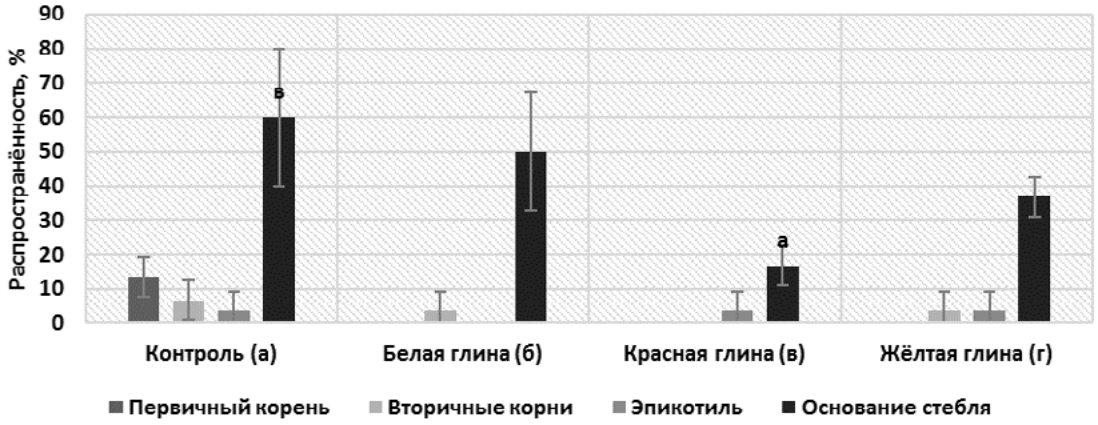


Рис. 6. Распространенность корневой гнили озимой пшеницы в фазу полного кущения (p <0,1)
Prevalence of root rot of winter wheat in the complete tillering phase (p <0.1)

Изучение исходной (послеуборочной) зараженности семян ржи показало, что заражение семян грибами рода *Alternaria* составляло 98 %, видами рода *Fusarium* – 28, а *B. sorokiniana* – 4%. Это также превышает порог вредоносности и свидетельствует о неблагоприятной фитосанитарной ситуации по инфицированности семян ржи возбудителями корневой гнили.

Обработка семян ржи глинами привела к незначительному и недостоверному снижению их зараженности патогенами рода *Alternaria* (рис. 7). У семян, обработанных красной и белой глинами, наблюдалось отсутствие грибов рода *Bipolaris* по сравнению с контролем, хотя это статистически не достоверно. Отмечено уменьшение уровня инфицированности грибами рода *Fusarium* при применении адсорбента на основе желтой глины.

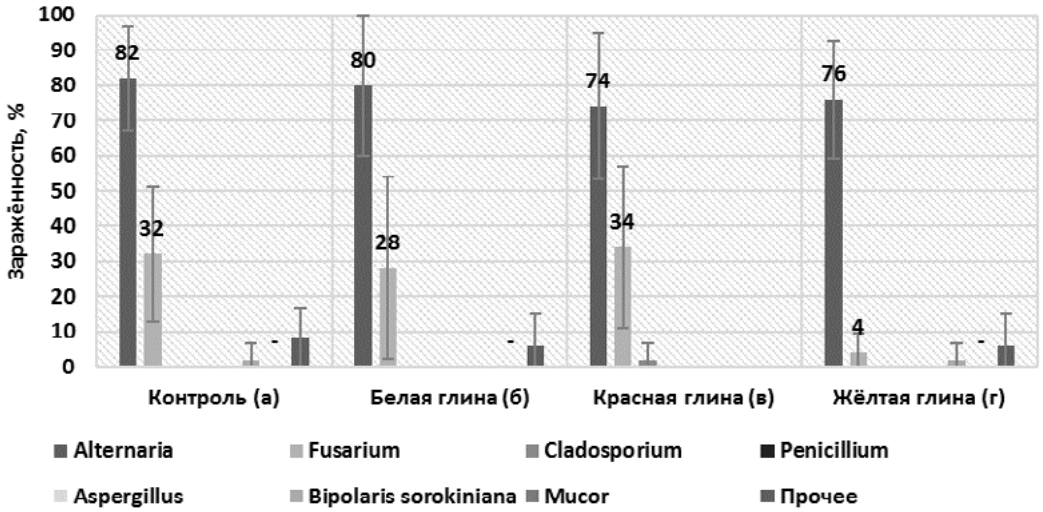


Рис. 7. Заражённость семян ржи после 7 месяцев хранения (p <0,05)
Infection of rye seeds after 7 months of storage (p <0.05)

Анализ растений ржи на развитие корневой гнили в полевых условиях в большинстве случаев выявил тенденцию к снижению индекса развития болезни в результате обработки различными адсорбентами.

Следует отметить, что в полевых условиях на растениях ржи отмечено наиболее эффективное действие адсорбентов. Среди проанализированных органов наиболее сильное проявление корневой гнили выявлено у основания стебля растений в контроле (выше ЭПВ), а в результате обработки семян адсорбентами отмечен оздоравливающий эффект: выявлено значительное снижение индекса развития болезни. В результате использования глин происходило значительное снижение распространенности болезни. Так, например, в контроле этот показатель на основании стебля превышал 70 %, а в результате обработки глинами уменьшался в 3,35–7,12 раза (рис. 8, 9).

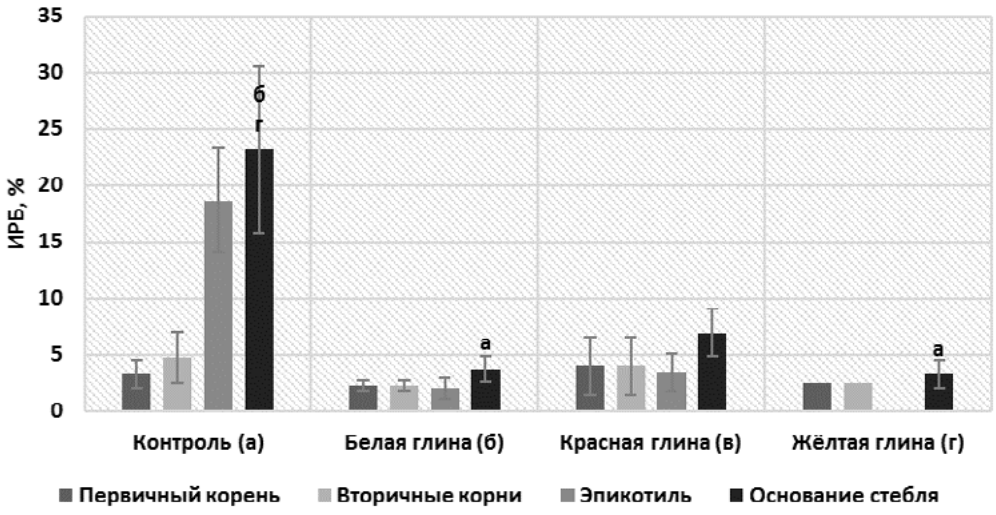


Рис. 8. Индексы развития корневой гнили ржи в фазу полного кущения (p <0,1)
Development indices of rye root rot in the complete tillering phase (p <0.1)

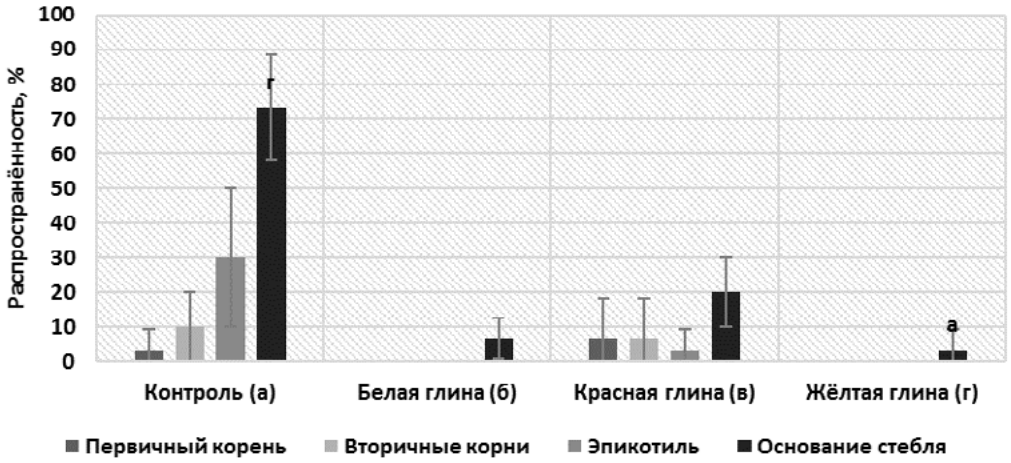


Рис. 9. Распространенность корневой гнили ржи в фазу полного кущения (p <0,1)
Prevalence of root rot of rye in the complete tillering phase (p <0.1)

По результатам исследования исходной зараженности семян ячменя, так же как и на других культурах, наблюдается тенденция к более высокому инфицированию семян фитопатогенными грибами родов *Alternaria* – 90 %, *Fusarium* – 26 и *B. sorokiniana* – 30 %. Это значительно превышает порог вредоносности и свидетельствует о высокой инфицированности возбудителями корневой гнили.

В результате обработки семян адсорбентами через 7 месяцев хранения происходило снижение зараженности патогенами (видами рода *Alternaria* в 1,1–1,4 раза, *Fusarium* – на 2–4 %, *B. sorokiniana* – на 4–18 %), однако уровень их инфицированности оставался выше порога вредоносности (рис. 10).

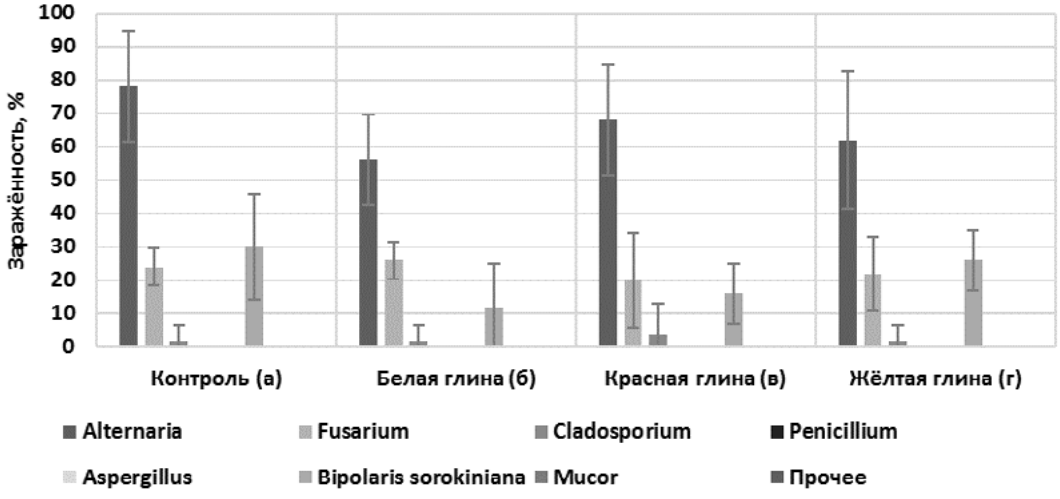


Рис. 10. Заражённость семян ячменя после 7 месяцев хранения (p <0,05)
Infection of barley seeds after 7 months of storage (p <0.05)

Анализ развития корневой гнили в фазу полного кущения показал, что наиболее сильным её проявление было на первичных корнях и основании стебля. Использованные адсорбенты по-разному влияли на снижение индекса развития болезни (рис. 11). Отмечен положительный

эффект при использовании белой и красной глин. Положительного оздоровительного действия желтой глины не выявлено. По показателю распространенности болезни (рис. 12) получены аналогичные данные.

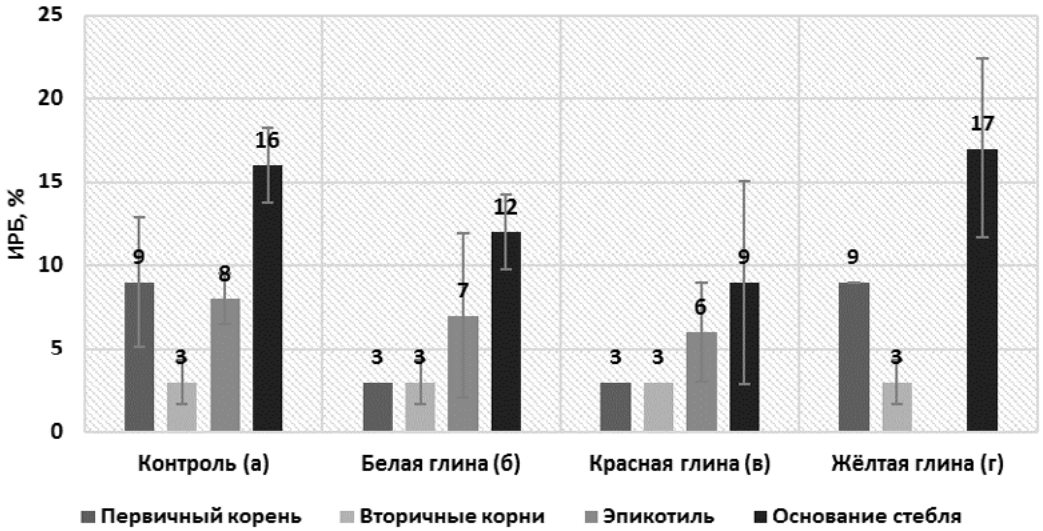


Рис. 11. Индексы развития корневой гнили ячменя в фазу полного кущения (p <0,1)
Development indices of barley root rot in the complete tillering phase (p <0.1)

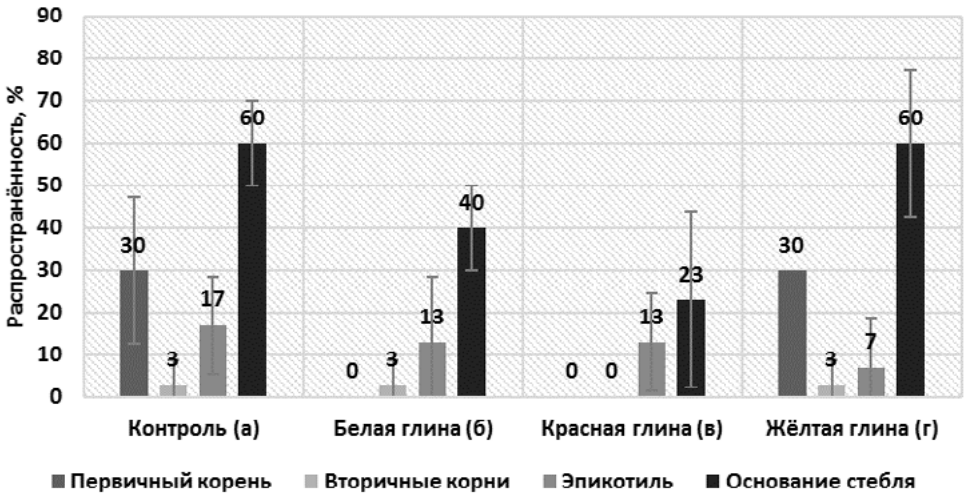


Рис. 12. Распространенность корневой гнили ячменя в фазу полного кущения (p <0,1)
Prevalence of root rot of barley in the complete tillering phase (p <0.1)

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты свидетельствуют в целом о положительном влиянии применяемых адсорбентов на фитосанитарное состояние семян зерновых культур, однако направленность их действия была на разных культурах и органах различной.

2. Для яровой пшеницы отмечена тенденция к снижению зараженности семян патогенами, а в полевых условиях – развития корневой гнили в фазу кущения в результате

обработки адсорбентами. Индекс развития и распространённость корневой гнили оснований стеблей яровой пшеницы, выросшей из семян, обработанных белой глиной, были достоверно ниже, чем в контроле.

3. На озимой пшенице все применяемые глины также уменьшали зараженность семян и развитие корневой гнили, однако достоверные данные получены только по индексу развития и распространённости корневой гнили оснований стеблей озимой пшеницы, выросшей из семян, обработанных красной глиной.

4. Выявлено четкое снижение развития корневой гнили на растениях ржи в полевых условиях. Среди использованных адсорбентов следует отметить белую и желтую глину, в результате обработки которыми индекс развития и распространённость корневой гнили оснований стеблей растений, выросших из семян, обработанных ими, были значимо меньше, чем в контроле.

5. На ячмене отмечено (при очень высокой исходной инфицированности) слабое снижение уровня зараженности семян. В полевых условиях выявлено положительное действие адсорбентов на основе белой и красной глин. В отношении желтой глины такого эффекта не обнаружено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ашмарина Л.Ф., Ермохина А.И., Галактионова Т.А.* Структура комплекса микромицетов семян кормовых культур в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 3. – С. 44–52.
2. *Коняева Н.М., Ашмарина Л.Ф., Коробейников А.С.* Зараженность семян сои фитопатогенными грибами в условиях ее адаптации в лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 1. – С. 22–28.
3. *Константинов П.К.* Необходимость дальнейшего улучшения селекции и сортоиспытания ячменя и овса в нечерноземной полосе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1955. – Вып. 1 (8). – С. 53–68.
4. *Семёнов А.Я., Потлайчук В.И.* Болезни семян полевых культур. – Л.: Колос, 1982. – 128 с.
5. *Mahjabin Bilal S., Abidi A.B.* Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review // International Journal of Recent Scientific Research. – 2015. – Vol. 6 (4). – P. 3416–3422.
6. *Gannibal P.B.* Factors affecting Alternaria appearance in grains in European Russia // Sel'skokhozyaistvennaya Biol. – 2018. – Vol. 53. – P. 605–615.
7. *Neergaard P.* Seed pathology. London: MacMillan Press Ltd. London and Basingstok, UK. Associated Companies in New York, Dublin, Melbourne, Johannesburg and Mad ran, 1979. – P. 11–91.
8. *Agarwal K.V., Sinclair B.J.* Principles of Seed Pathology. First Indian Reprint Jai Bhawan. – 1993. –N 1. – P. 176; N 2. – P. 186.
9. *Наумов Н.А.* Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – М.: Колос, 1970. – 208 с.
10. *Fusarium* sibiricum sp. nov, a novel type A trichothecene producing Fusarium from northern Asia closely related to F. sporotrichioides and F. langsethiae / T. Yli-Mattila, T.J. Ward, K. O'Donnell [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2011. – Vol. 147. – P. 58–68.
11. *Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R.* Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage // J. agric. Res. – 2021. – Vol. 59. – P. 281–291.
12. *Mycotoxigenic* fungi contaminating wheat; toxicity of different Alternaria compacta strains / R. Gashgari, F. Ameen, E. Al-Homaidi [et al.] // Saudi J. Biol. Sci. – 2019. – Vol. 26. – P. 210–215.
13. *Определитель* болезней растений / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов, М.Ф. Летова. – 3-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2003. – 592 с.
14. *Билай В.И.* Фузарии (Биология и систематика). – Киев: Изд–во АН УССР, 1977. – 442 с.
15. *Билай В.И.* Методы экспериментальной микологии. – Киев, 1973. – С. 175–196.
16. *Пидопличко Н.М.* Грибы-паразиты культурных растений: определитель: в 3 т. – Киев: Наук. думка, 1977. – Т. 1. – 295 с.; Т. 2. – 299 с.; Т. 3. – 281 с.

REFERENCES

1. Ashmarina L.F., Ermohina A.I., Galaktionova T.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2018, No. 3, pp. 44–52. (In Russ.)
2. Konjaeva N.M., Ashmarina L.F., Korobejnikov A.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2016, No. 1, pp. 22–28. (In Russ.)
3. Konstantinov P.K., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 1955, Vyp. 1 (8), pp. 53–68. (In Russ.)
4. Semjonov A.Ja., Potlajchuk V.I., *Bolezni semjan polevyh kul'tur* (Diseases of field crop seeds), Leningrad: Kolos, 1982, 128 p.
5. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B., Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review, *International Journal of Recent Scientific Research*, 2015, Vol. 6 (4), pp. 3416–3422.
6. Gannibal P.B., Factors affecting Alternaria appearance in grains in European Russia, *Sel'skokhozyaistvennaya Biol.*, 2018, Vol. 53, pp. 605–615.
7. Neergaard P., Seed pathology, London: MacMillan Press Ltd. London and Basingstok, UK. Associated Companies in New York, Dublin, Melbourne, Johannesburg and Mad ran., 1979, pp. 11–91.
8. Agarwal K.V., Sinclair B.J., Principles of Seed Pathology, *First Indian Reprint Jai Bhawan*, India, 1993, No. 1, pp. 176; No. 2, pp. 186.
9. Naumov N.A., Analiz semjan na gribnuju i bakterial'nuju infekciju, Moscow: Kolos, 1970, 208 p.
10. Yli-Mattila T., Ward T.J., O'Donnell K., Proctor R.H., Burkin A.A., Kononenko G.P., Gavrilova O.P., Aoki T., McCormick S.P., Gagkaeva T.Y., Fusarium sibiricum sp. nov, a novel type A trichothecene producing Fusarium from northern Asia closely related to F. sporotrichioides and F. langsethiae, *International Journal of Food Microbiology*, 2011, Vol. 147, pp. 58–68.
11. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R., Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage, *J. agric. Res.*, 2021, Vol. 59, pp. 281–291.
12. Gashgari R., Ameen F., Al-Homaidi E., Gherbawy Y., Al Nadhari S., Vijayan V., Mycotoxigenic fungi contaminating wheat; toxicity of different Alternaria compacta strains, *Saudi J. Biol. Sci.*, 2019, Vol. 26, pp. 210–215.
13. Hohrjakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F., *Opredelitel' boleznej rastenij* (Key to plant diseases), 3-e izd., ispr., Sankt-Peterburg: Izd. Lan', 2003, 592 p.
14. Bilaj V.I., *Fuzarii (Biologija i sistematika)* (Fusaria (Biology and systematics)), Kiev: Izd–vo AN USSR, 1977. – 442 s.
15. Bilaj V.I., *Metody jeksperimental'noj mikologii* (Methods of experimental mycology), Kiev, 1973, pp. 175–196.
16. Pidoplichko N.M., *Griby-parazity kul'turnyh rastenij: Opredelitel'* (Fungi parasites of cultivated plants: key), Kiev: Nauk., dumka, 1977, T. 1, 295 p.; T. 2, 299 p.; T. 3, 281 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-86-94
УДК 549.67

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТОВ РАЗНЫХ ФРАКЦИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТОМАТОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

[1]**Л.В. Лящева,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор

[1]**И.А. Прок,** кандидат биологических наук, доцент

[2]**И.А. Викторова,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

[1]Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

[2]Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», Новосибирск, Россия

E-mail: liashheva53_72@rambler.ru

Ключевые слова: цеолиты, фракции, томаты, урожайность, сахара, нитраты.

Реферат. *Представлены результаты исследований по изучению влияния цеолитов разных фракций на урожайность и качество плодов томата Сибирский скороспелый. Предмет исследования – измельченный цеолит Закарпатского цеолитового завода. Выявлено, что фракционный состав цеолитов влияет на сроки прохождения фенологических фаз у томата. При посадке в открытый грунт 10 июня возраст рассады составлял 55 суток. Время от посадки до начала цветения в среднем за два года было наименьшим в варианте с применением цеолита фракции 1 мм (24 суток), наибольшим – в контроле (33 суток). Первый сбор урожая томатов был проведен в варианте с применением цеолита фракции 1 мм на 46-е сутки от посадки. В среднем массовый сбор в вариантах с внесением разных видов цеолитов наступил быстрее на 7 суток по сравнению с контролем. Стандартность во всех вариантах, включая контрольный, была на высоком уровне и составила от 97,9 в контроле до 98,9% в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм в период массового плодоношения и от 84,9 в контроле до 98,0 % в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм при подсчете общего урожая. Доказано, что применение цеолитовых субстратов фракции 1–1,5 мм как компонента для выращивания растений томата в открытом грунте на выщелоченном чернозёме Северного Зауралья является эффективным приемом. При включении цеолитов фракций 1 и 1,5 мм в грунт произошло повышение урожайности по сравнению с контролем на 3,5 и 3,9 кг с 1 м^2 соответственно. Средняя масса плодов была в пределах общих требований к стандарту для этого сорта. Но в пределах вариантов она колебалась от 84 г в контроле до 141,5 г в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм. Внесение цеолита, особенно более крупной фракции, сгладило недостаток влаги, особенно в 2021 г., и в вариантах с внесением цеолитов плоды были крупнее по сравнению с контролем более чем в 1,5 раза. Наблюдается четкая тенденция к увеличению содержания сухого вещества, в том числа сахаров, в плодах и снижению содержания нитратов.*

INFLUENCE OF ZEOLITES OF DIFFERENT FRACTIONS ON THE YIELD AND QUALITY OF TOMATOES IN THE NORTHERN TRANSURAL REGION

[1]**L.V. Lyashcheva,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor

[1]**I.A. Prok,** PhD in Biological Sciences, Associate Professor

[2]**I.A. Viktorova,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

[1]State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

[2]Tomsk Agricultural Institute - a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Novosibirsk State Agrarian University», Novosibirsk, Russia

E-mail: liashheva53_72@rambler.ru

Keywords: zeolites, fractions, tomatoes, yield, sugars, nitrates.

Abstract. *The results of studies on the influence of zeolites of different fractions on the yield and quality of the Siberian early-ripening tomato fruits are presented. The subject of the survey is crushed zeolite from the Transcarpathian zeolite plant. It was revealed that the fractional composition of zeolites affects the timing of phenological phases in tomatoes. When planted in open ground on June 10, the age of the seedlings was 55 days. The time from planting to the beginning of flowering, on average over two years, was the shortest in the variant using zeolite fraction 1 mm (24 days) and the longest in the control (33 days). The first tomato harvest was done*

using a 1 mm fraction of zeolite on the 46th planting day. On average, mass harvest in variants with the addition of different types of zeolites occurred faster by seven days compared to the control. Standardity in all variants, including the control, was at a high level and ranged from 97.9 in the control to 98.9% in the variant, with the addition of zeolite fraction 1.5 mm during the period of mass fruiting and from 84.9 in the control to 98.0 % in the variant with the addition of zeolite fraction 1.5 mm when calculating the total yield. It has been proven that using zeolite substrates of the 1–1.5 mm fraction as a component for growing tomato plants in open ground on leached chernozem of the Northern Trans-Urals is an effective method. When zeolites of fractions 1 and 1.5 mm were included in the soil, the yield increased compared to the control by 3.5 and 3.9 kg per 1 m2, respectively. The average fruit weight was within the general requirements for the standard for this variety. However, within the variants, it ranged from 84 g in control to 141.5 g in the variant, adding a zeolite fraction of 1.5 mm. The addition of zeolite, especially the more significant fraction, smoothed out the lack of moisture, especially in 2021. In the variants with the addition of zeolites, the fruits were more important than the control by more than 1.5 times. There is a clear trend towards an increase in the dry matter content, including the number of sugars, in fruits and a decrease in the nitrate content.

Для восстановления утраченных свойств пахотных почв, получения более доброкачественной продукции при сохранении агроресурсов, прежде всего, почвы, большой научный и практический интерес представляет использование в качестве мелиорантов природных цеолитов. Цеолиты – это минералы класса алюмосиликатов с характерной для них каркасной пористой структурой [1].

История цеолитов началась в середине 50-х гг., когда в Японии, США, Новой Зеландии, Италии были открыты крупные промышленные месторождения цеолитов осадочного и вулканического происхождения. Запасы сырья составляли сотни миллионов тонн. Этим было положено начало интенсивному изучению, применению и внедрению природных цеолитов в мировую экономику. В бывшем СССР первые месторождения богатых цеолитовых руд были открыты в 1969-1970 гг. ВНИИ геолнеруд –Закарпатское, Крымское, Закавказское, Бадхызское, Приморское, Сахалинское, Камчатское, Курильское. В настоящее время крупные месторождения природных цеолитов промышленного масштаба открыты в Кемеровской области, Якутии, Красноярском крае, Читинской, Орловской областях, в юго-восточной части Башкирии, что позволило резко расширить исследования по применению природных цеолитов в различных отраслях народного хозяйства России.

Благодаря богатому химическому составу и уникальной пористой структуре цеолиты прекрасно справляются с ролью минерального удобрения и улучшителя почвы [2]. Они отличаются двумя ценными свойствами: способностью поглощать и отдавать воду и способностью к ионному обмену (обменивать катионы и избирательно выделять, и вновь впитывать различные вещества) [3]. Благодаря этому при внесении цеолитов повышается легкость, рыхлость, пористость и воздухопроницаемость грунта, предотвращается комковатость, слеживаемость и образование корки на поверхности грунта, аккумулируются и удерживаются в почве влага, микроэлементы, удобрения, и по мере необходимости цеолиты отдают их растениям, поглощают из почвы избыток нитратов и соли тяжелых металлов и нейтрализуют их, препятствуя развитию грибков, плесени и корневых гнилей [4].

Корни растений в почве с внесением цеолита защищены от внешних перепадов температуры и развиваются более равномерно. Благодаря его повышенной влагоемкости снижаются потери воды от дренажа и испарений, не вымываются внесенные растворы удобрений. Как следствие, снижается количество поливов и подкормок, предотвращается риск загнивания корней от избыточного полива или застоя воды [5].

Томат является влаголюбивым растением, однако потребность во влаге в течение вегетационного периода непостоянна, она небольшая в первые фазы роста (в рассадный период) и возрастает в дальнейшем. С началом образования завязей и первых плодов наступает период наиболее активного ее поглощения [6]. Интенсивный рост вегетативных органов и плодов может идти при достаточной обеспе-

ченности влагой. Поэтому внесение цеолитов может не только помочь растению в периоды недостаточного увлажнения, но и сохранить его устойчивость к заболеваниям [7–9].

Многие ученые с мировым именем придавали большое значение внесению цеолитов под овощные культуры [5, 10–13].

В условиях Северного Зауралья хорошо изучено влияние стимуляторов роста на рост и развитие овощных культур, но недостаточно изучена возможность использования цеолитов, несмотря на то, что Тюменская область, которая относится к зоне Северного Зауралья, занимает важную нишу по производству картофеля и овощей в России [14–16].

Цель исследований – изучить влияние цеолитов разного фракционного состава на повышение качества и продуктивности томата в открытом грунте.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Государственном аграрном университете Северного Зауралья проводилось изучение влияния цеолитов разных фракций на урожайность и качество плодов томата Сибирский скороспелый. Объект исследования – томат сорта Сибирский скороспелый, раннего срока созревания, низкорослый, детерминантный, неприхотливый и холодостойкий. Рекомендован для выращивания в открытом грунте. Предмет исследования – измельченный цеолит Закарпатского цеолитового завода (Украина) разных фракций (рис.1).

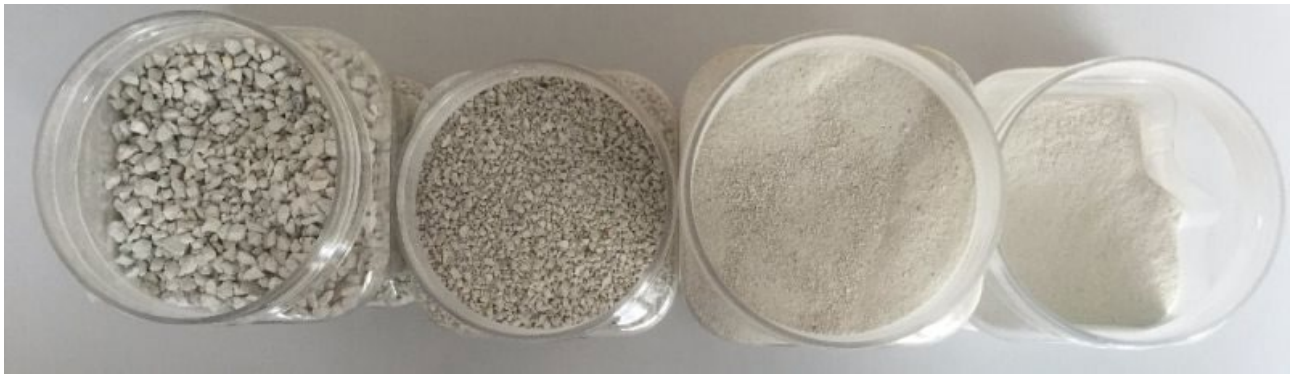


Рис. 1. Фракционный состав цеолитов (фракции 1,5 мм; 1,0; 0,1; 0,01 мм)
Fractional composition of zeolites (fractions 1,5; 1,0; 0,1; 0,01 mm)

Исследования проводились на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом с мощностью гумусового горизонта до 45 см, содержанием гумуса 5,6%, подвижного фосфора – 12 мг/100 г, обменного калия – 13,2 мг/100 г, суммой поглощенных оснований 35–50 мг-экв/100 г почвы, pH среды близка к нейтральной (5,87).

Метеорологические условия в годы проведения опытов различались по температурному режиму и по количеству осадков.

Проанализировав данные, отображенные на рис. 2, можно сделать выводы, что начиная с апреля температура весны и лета 2021 г. в среднем превышала среднемноголетние данные более чем на 3ºС, а в апреле, мае и августе на 2,8С; 6,3С и 3,7ºС соответственно. В 2022 г. в эти месяцы показания были немного скромнее, превышение составило в апреле 2ºС, в мае 0,7ºС. Температура июня была ниже среднемноголетних данных на 1,3ºС, зато в июле, августе и сентябре выше на 0,9; 2,3 и 0,7ºС соответственно.

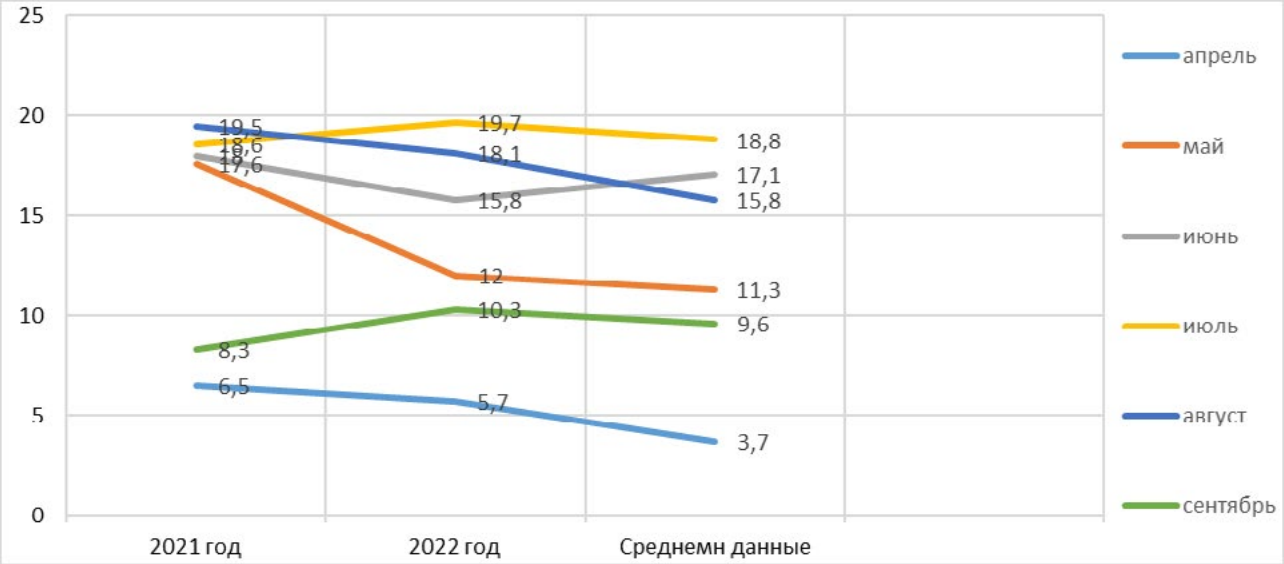


Рис. 2. Температурные показатели в годы проведения опытов в сравнении со среднемноголетними данными

Temperature indicators during the years of the experiments in comparison with average long-term data

Жаркое лето 2021 г. сопровождалось недостатком влаги (рис. 3). Низкое количество осадков отмечено во все месяцы, когда проводились исследования. Особенно остро это проявилось в мае, июне и августе. В июле выпадали осадки, но они были незначительными, и большой пользы от них не было, из-за высокой температуры воздуха влага быстро испарялась, не попадая в более низкие горизонты почвы. В 2022 г. погодные условия были более благоприятными для томата и наиболее приближенными к среднемноголетним данным, за исключением мая с превышением нормы осадков в 2,5 раза.

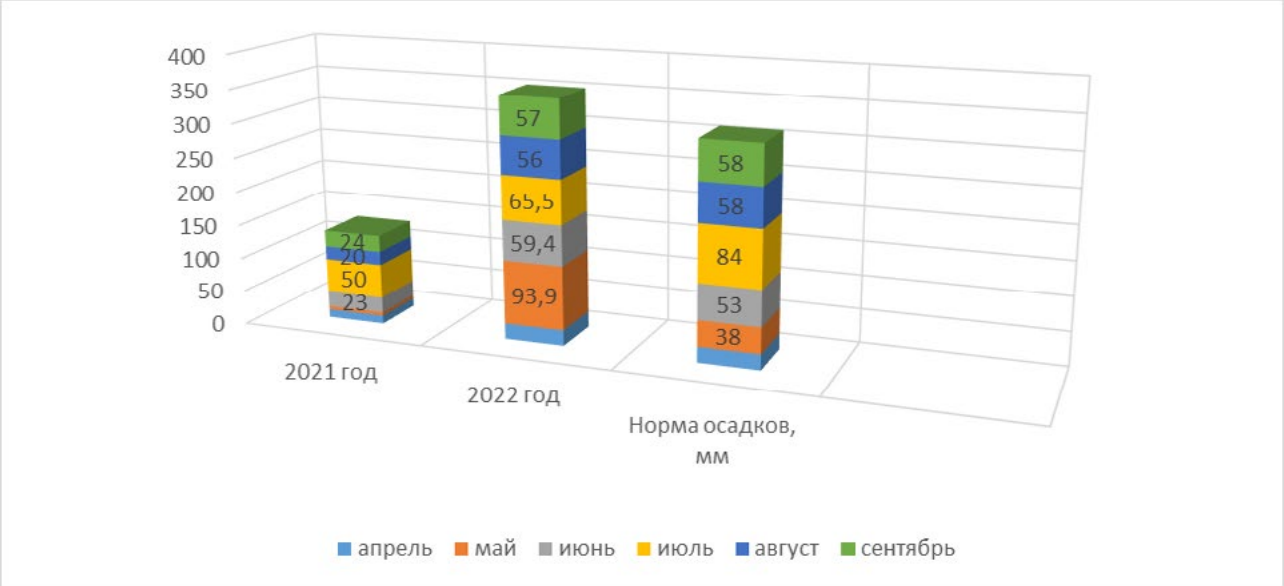


Рис. 3. Количество осадков в годы проведения опытов в сравнении с нормой

The amount of precipitation during the years of the experiments in comparison with the norm

Опыт закладывался и проводился по методике В.Ф. Моисейченко, А.Х. Заверюхи, М.Ф. Трифоновой [2]. Для исследований в схему опыта были включены 5 вариантов: контроль (без цеолита); цеолит фракции до 0,01 мм; цеолит фракции 0,1 мм; цеолит фракции 1,0 мм; цеолит фракции 1,5 мм. Норма внесения цеолита – 0,5 кг на 1 м^2. Опыт однофакторный. Повторность четырехкратная, размещение вариантов систематическое со смещением в повторениях. Пло-

щадь одной делянки – 12 м^2. Общая площадь опыта – 240 м^2.

Были выполнены следующие агрохимические анализы: определение подвижного фосфора и калия по Чирикову, количества гумуса по Тюрину, $pH_{сол.}$ потенциометрическим методом, нитратов ионометрическим экспресс-методом, витамина С по Мурри, сахаров по Бертрану.

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для того чтобы выяснить, влияет ли фракционный состав цеолитов на сроки прохождения фенологических фаз у томата, мы определили межфазные периоды начиная от посадки рассады в грунт до последнего массового сбора (табл. 1)

При посадке в открытый грунт 10 июня возраст рассады составлял 55 суток. Время от посадки до начала цветения в среднем за два года было наименьшим в варианте с применением цеолита фракции 1,0 мм (24 суток), наибольшим – в контроле (33 суток).

Первый сбор урожая томатов сорта Сибирский скороспелый был проведен также в варианте с применением цеолита фракции 1,0 мм на 46-е сутки от посадки, это на 13 суток раньше, чем в контроле. В среднем массовый сбор в вариантах с внесением разных видов цеолитов наступил быстрее на 7 суток по сравнению с контролем. Количество плодов в вариантах с применением цеолитов было намного больше, кроме того, поскольку погодные условия позволяли, последние сборы плодов в вариантах с цеолитами были проведены позднее чем в контроле, в среднем на 15 суток по вариантам с фракциями 1,0 и 1,5 мм.

Таблица 1

Межфазные периоды растений томата сорта Сибирский скороспелый
Interphase periods of tomato plants of the Siberian early ripening variety

Вариант	Посадка рассады в грунт	Количество суток от посадки до				
		начала цветения	массового цветения	первого сбора	начала массового сбора	последнего массового сбора
Контроль	10.06	33	37	59	68	92
Фракция 0,01 мм	10.06	30	36	56	64	93
Фракция 0,1 мм	10.06	28	33	54	63	95
Фракция 1,0 мм	10.06	24	27	46	56	106
Фракция 1,5 мм	10.06	26	31	52	61	108

Установлено, что формирование урожая существенно зависело от фракции цеолита. В период массового плодоношения лучшая отдача происходила в вариантах с внесением цеолитов фракций 1,0 и 1,5 мм, где урожайность превысила контрольную на 3,5 и 3,9 кг соответственно.

Стандартность во всех вариантах, включая контрольный, была на высоком уровне и составила от 97,9 % в контроле до 98,9% в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм и от 84,9% до 98% соответственно при подсчете общего урожая.

Умеренный водный стресс во время развития и созревания плодов улучшает их товарное качество (твердость, вкус и срок хранения), но может привести к уменьшению размера плодов, поэтому этот показатель изучался нами более тщательно, так как в 2021 г. наблюдался явный дефицит влаги во время формирования и созревания плодов.

Средняя масса плодов была в пределах общих требований к стандарту для этого сорта, но в пределах вариантов она колебалась от 84 г в контроле до 141,5 г в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм. В целом 2021 г. показал, что внесение цеолита, особенно более крупной фракции, сгладило недостаток влаги, и растения в вариантах с внесением цеолитов

дали более крупные плоды по сравнению с контролем более чем в 1,5 раза.

Таблица 2

Влияние фракции цеолита на плодоношение томата сорта Сибирский скороспелый
The influence of the zeolite fraction on the fruiting of tomato variety Siberian early ripening

Вариант	Массовое плодоношение				Общая урожайность, кг/м^2			
	кг/м^2	к контролю, кг/м^2	стандартность, %	к контролю, %	кг/м^2	к контролю, кг/м^2	стандартность, %	к контролю, %
Контроль	3,9	-	87,9	100	5,1	-	84,9	100
Фракция 0,01 мм	4,8	0,9	98,4	123	6,8	1,7	93,8	133
Фракция 0,1 мм	6,7	2,8	98,7	172	7,4	2,3	94,9	145
Фракция 1,0 мм	7,4	3,5	98,7	189	7,9	2,8	95,5	155
Фракция 1,5 мм	7,8	3,9	99,4	200	8,3	3,2	99,6	163
НСР $_{05}$	2,3				1,78			

Примечание. Результаты однофакторного дисперсионного анализа для опыта: массовое плодоношение: НСР$_{05}$ для частных различий – 2,3, варьирование общее – 221,6, варьирование по повторениям – 1,2, варьирование по вариантам – 213,9, критерий Фишера – 97,8; общая урожайность: НСР$_{05}$ для частных различий – 1,78, варьирование общее – 322,7, варьирование по повторениям – 2,49, варьирование по вариантам – 316,6, критерий Фишера – 261,2.
Note. Results of one-way analysis of variance for the experiment: mass fruiting: NSR05 for partial differences - 2.3, general variation - 221.6, variation across repetitions - 1.2, variation across variants - 213.9, Fisher's test - 97.8; total yield: NSR05 for partial differences - 1.78, general variation - 322.7, variation across repetitions - 2.49, variation across options - 316.6, Fisher's criterion - 261.2.

Таблица 3

Влияние качества цеолита на массу плодов томата сорта Сибирский скороспелый
The influence of zeolite quality on the fruit weight of tomato variety Siberian early ripening

Вариант	Масса плода, г								
	2021 г.			2022 г.			Среднее за 2 года		
	г	к контролю		г	к контролю		г	к контролю	
		%	г		%	г		%	г
Контроль	67,9	100	-	76,1	100	-	71,0	100	-
Фракция 0,01 мм	85,7	129	17,8	86,3	113	10,2	86,0	121	15
Фракция 0,1 мм	88,1	130	20,2	112,7	148	36,6	100,4	141	29,4
Фракция 1,0 мм	109,7	157	41,8	115,5	152	39,4	112,6	158	41,6
Фракция 1,5 мм	112,5	165	44,6	128,5	169	52,4	120,5	170	49,5
НСР $_{05}$	12,9			14,6			14,4		

Как повлияло внесение цеолитов в почву при посадке на биохимический состав плодов в целом и по отдельным вариантам, показано на рис. 4.

Все три изученных нами показателя: содержание общего сахара, сухого вещества и витамина С – оказались стабильными и слабо реагировали на внесение цеолитов разного состава, но незначительные различия всё же были. Наибольшее количество общего сахара было отмечено в варианте с внесением цеолита фракции 1 мм – 3,1%, что больше, чем в контроле, на 0,5%.

Этот же вариант показал наибольшее количество сухого вещества – 5,9%, что выше, чем в контроле, на 0,9% и больше, чем в вариантах с внесением цеолита фракций 0,1 и 0,01 мм, на 0,7%.

Количество витамина С изменялось с той же закономерностью, однако следует отметить, что в варианте с внесением цеолита фракции 1,5 мм разница с вариантом фракции 1,0 мм была несущественной, в пределах погрешности.

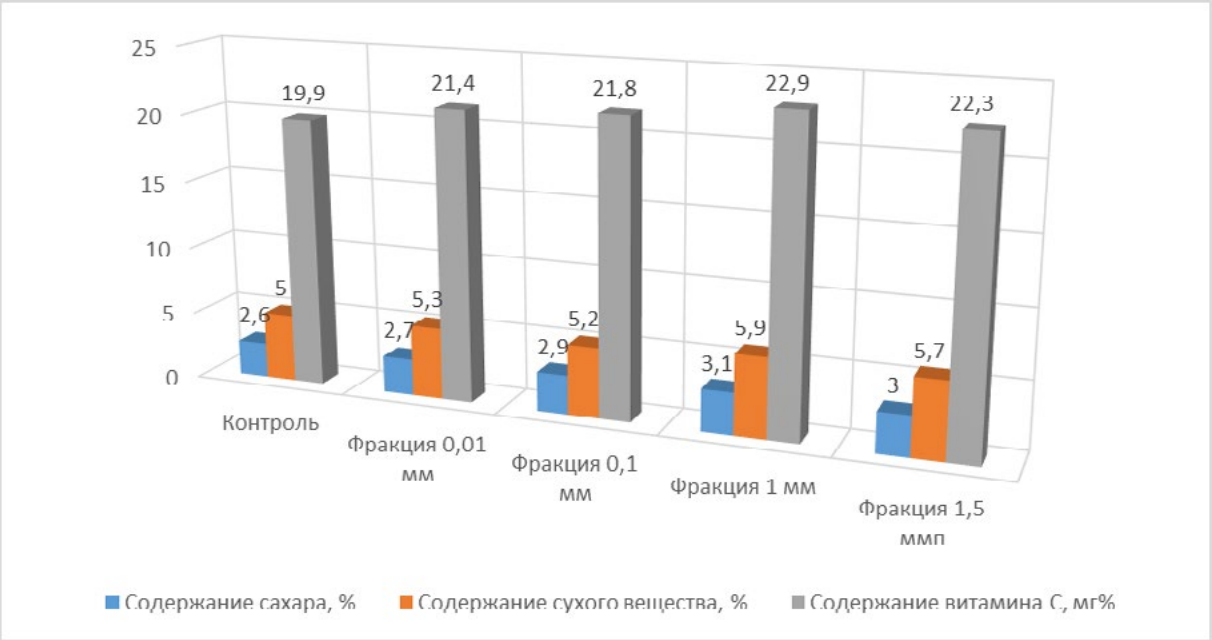


Рис. 4. Влияние цеолитов на биохимический состав плодов томата сорта Сибирский скороспелый
The influence of zeolites on the biochemical composition of tomato fruits of the Siberian early ripening variety

Содержание сухого вещества в плодах томата по вариантам изменялось от 5,0 % в контрольном варианте до 5,9 % в варианте, где применялся цеолит фракции 1,0 мм. Для трёх вариантов: контроль, цеолит фракции 0,01 мм и цеолит фракции 0,1 мм – разница была в пределах ошибки опыта.

Нитраты являются продуктами превращения азотистых удобрений, которыми насыщается почва для повышения урожайности и активации роста сельскохозяйственных культур. Если содержание данных химикатов в грунте не превышает нормальных значений, тогда и содержание нитратов в овощах и фруктах определяется в пределах допустимых концентраций.

Норма содержания нитратов – это именно то количество, которое максимально может присутствовать в плодах, в данном случае томата. Если с продуктами поступает завышенное количество солей азотной кислоты, организм человека не может их адекватно утилизировать, результатом чего является нитратное отравление. Согласно санитарно-гигиеническим нормам, максимальное суточное количество нитратов, которое без вредных последствий может быть переработано организмом взрослого человека со средней массой 70 кг – 325 мг.

Таблица 4

Влияние цеолита на накопление нитратов в плодах томата сорта Сибирский скороспелый
The effect of zeolite on the accumulation of nitrates in tomato fruits of the Siberian early ripening variety

Вариант	Нитраты, мг/кг сырой массы	К контролю, мг/кг
Контроль	62	-
Фракция 0,01 мм	33	-29
Фракция 0,1 мм	32	-30
Фракция 1 мм	29	-33
Фракция 1,5 мм	27	-35

В плодах томатов сорта Сибирский скороспелый содержание нитратов не превышает уровней, регламентируемых СанПиН (табл. 4).

В целом биохимические анализы показали, что несмотря на то, что резкого изменения качества плодов в зависимости от субстрата не отмечено, некоторые различия все же присутствуют и наблюдается четкая тенденция к увеличению содержания сухого вещества, в том числе сахаров, и снижению содержания в них нитратов.

ВЫВОДЫ

1. Фракционный состав цеолитов влияет на сроки прохождения фенологических фаз у томата. В среднем массовый сбор плодов в вариантах с внесением разных фракций цеолитов наступил быстрее на 7 суток по сравнению с контролем.

2. При внесении цеолитов фракций 1,0 и 1,5 мм в грунт произошло повышение урожайности по сравнению с контролем на 3,5 и 3,9 кг/м^2 соответственно.

3. Внесение цеолита, в первую очередь, более крупной фракции, сгладило недостаток влаги, особенно в 2021 г., и в вариантах с внесением цеолитов растения дали более крупные плоды по сравнению с контролем более чем в 1,5 раза.

4. Наблюдается четкая тенденция к увеличению содержания сухого вещества, в том числа сахаров, в плодах и снижению содержания нитратов в вариантах с цеолитом.

5. Применение цеолитовых субстратов фракции 1,0–1,5 мм как компонента для выращивания растений томата в открытом грунте на выщелоченном чернозёме Северного Зауралья является эффективным приемом.

Исследования выполнены в рамках договора №32 НИО-07-03/2021 на выполнение научно-исследовательской работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Howkins D.B.* Occurance and availibility of natural zeolites // Zeo-Agriculture. – Westview Press, 1983. – P. 69–78.
2. *Моисейченко В.Ф., Заверюха А.Х., Трифонова М.Ф.* Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве. – М.: Колос, 1994. – 383 с.
3. *Биологические* методы восстановления плодородия деградированных почв южной лесостепи Республики Башкортостан / А.Н. Хасанов, И.К. Хабиров, И.Г. Асылбаев, Б.В. Рафиков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 11 (211). – С. 118–124.
4. *Жежер Г.Я., Лобода Б.П., Жежер Л.В.* Цеолиты в растениеводстве и земледелии: методическое руководство по изучению природных цеолитов в растениеводстве и земледелии. – Краснообск, 1993. – 44 с.
5. *Ермолаев А.А.* Применение цеолитов в сельскохозяйственном производстве // Химия в сельском хозяйстве. –1987. – № 5. – С. 39–43.
6. *Куликов Н.С., Князева З.В., Сергеева В.Р.* Если томаты выращивают на цеолитах // Защита растений и карантин растений. – 1997. – № 4. – С. 41–42.
7. *Ермаков Е.И.* Влияние изменения свойств органоминеральной корнеобитаемой среды на продуктивность растений томата в регулируемой агроэкосистеме // Гавриш. – 1997. – № 5. – С. 13–17.
8. *Степанова Е.Н., Алешко-Ожевский Ю.П., Махова Н.Н.* Гигиеническая оценка овощных культур, возделываемых на цеолитовых субстратах // Природные цеолиты России. – Новосибирск, 1992. – Т. 2. – С. 75–77.
9. *Цеолит* – здоровый субстрат для томата / Л.И. Лахидов, О.В. Болгова, Е.В. Сахарова, Р.В. Соврасова // Картофель и овощи. – 1997. – № 6. – С. 27.
10. *Вендило Г.Г., Месхорадзе Н.О.* Цеолит повышает урожай огурца // Картофель и овощи. – 1996. – № 5. – С. 21.
11. *Толмачева В.А., Яковлева Н.Н.* Особенности выращивания томатов на цеолитах // Гавриш. – 1998. – № 3. – С. 13–14.
12. *Barbarick R.A., Pirela H.Y.* Agronomic and horticultural uses of zeolites // Zeo-Agriculture. – Westwiew Press, 1983. – P. 93–103.
13. *Barrer R.M.* Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves. – London: Academic Press, 1980. – 497 p.

14. *Применение* стимуляторов роста при выращивании томата в защищенном грунте / И.А. Викторова, Ю.В. Чудинова, Л.В. Лящева, Н.Ю. Николаева // Теория и практика современной аграрной науки: сб. V нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2022. – С. 30–34.
15. *Лящева Л.В., Велижанских Л.В., Прок И.А.* Влияние видов цеолитов на скорость прохождения фенологических фаз и на количество плодов огурца сорта Вязниковский 37 в условиях северной лесостепи юга Тюменской области // Достижения аграрной науки для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 299–303.
16. *Прок И.А., Лящев А.А., Лящева Л.В*. Влияние концентраций вермичая на всхожесть семян и рост рассады томатов // АПК: инновационные технологии. – 2022. – № 2. – С. 45–52.
17. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
18. *Нгуен Ван Бо.* Эффективность внесения природного цеолита с минеральными удобрениями в слабоокультуренную дерново-подзолистую почву // Доклады ВАСХНИЛ. 1988. – Т. 12. – С. 39–40.
19. *Сафронов Г.В.* О ходе выполнения программы «Цеолиты России»// Использование цеолитов в народном хозяйстве. – Новосибирск, 1991. – Ч. 1. – С. 90–97.

REFERENCES

1. Howkins D.B., Occurance and availibility of natural zeolites, *Zeo-Agriculture*, Westview Press, 1983, pp. 69–78.
2. Moiseichenko V.F., Zaveryukha A.H., Trifonova M.F., *Osnovy nauchnyh issledovanij v plodovodstve, ovoshhevodstve i vinogradarstve* (Fundamentals of scientific research in fruit growing, vegetable growing and viticulture), Moscow: Kolos, 1994, 383 p.
3. Khasanov A.N., Khabirov I.K., Asylbayev I.G., Rafikov B.V., *Bulletin of the Orenburg State University*, 2017, No. 11 (211), pp. 118–124. (In Russ.)
4. Zhezher G.Ya., Loboda B.P., Zhezher L.V., *Ceolity v rastenievodstve i zemledelii* (Zeolites in crop production and agriculture), Krasnoobsk, 1993. – 44 p.
5. Ermolaev A.A., *Chemistry in agriculture*, 1987, No. 5, pp. 39–43. (In Russ.)
6. Kulikov N.S., Knyazeva Z.V., Sergeeva V.R., *Plant protection and plant quarantine*, 1997, No. 4, pp. 41–42. (In Russ.)
7. Ermakov E.I., *Gavrish*, 1997, No. 5, pp. 13–17. (In Russ.)
8. Stepanova E.H., Aleshko-Ozhevsky Yu.P., Makhova H.H., *Natural zeolites of Russia*, Novosibirsk, 1992, Vol. 2, pp. 75–77. (In Russ.)
9. Lakhidov L.I., Bolgova O.V., Sakharova E.V., Sovrasova R.V., *Potatoes and vegetables*, 1997, No. 6, pp. 27. (In Russ.)
10. Vendilo G.G., Meskhoradze N.O., *Potatoes and vegetables*, 1996, No. 5, pp. 21. (In Russ.)
11. Tolmacheva V.A., Yakovleva H.H., *Gavrish*, 1998, No. 3, pp. 13–14. (In Russ.)
12. Barbarick R.A., Pirela H.Y., Agronomic and horticultural uses of zeolites, *Zeo-Agriculture*, Westwiew Press, 1983, pp. 93–103.
13. Barrer R.M., Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves, London: Academic Press, 1980, 497 p.
14. Viktorova I.A., Chudinova Yu.V., Lyashcheva L.V., Nikolaeva N.Yu., *Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agrarian science), Collection of V. National. (All Russian) science. Conf. with the international participation, Novosibirsk, 2022. pp. 30–34. (In Russ.)
15. Lyashcheva L.V., Velizhanskikh L.V., Prok I.A., *Dostizhenija agrarnoj nauki dlja obespechenija prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii* (Achievements of agricultural science to ensure food security of the Russian Federation), Collection of tr. International Scientific practice. conf. of young scientists and specialists, 2021, pp. 299–303. (In Russ.)
16. Prok I.A., Lyashchev A.A., Lyasheva L.V., *APK: innovative technologies*, 2022, No. 2, pp. 45–52. (In Russ.)
17. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
18. Nguyen Van Bo., *Reports of VASHNIL*, 1988, Vol. 12, pp. 39–40. (In Russ.)
19. Safronov G.V., *The use of zeolites in the national economy*, Novosibirsk, 1991, Part 1, pp. 90–97. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-95-111
УДК: 631.544.725

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ МУЛЬЧИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

[1]**А.Х.-Х. Нугманов**, доктор технических наук, профессор
[2]**Л.М. Титова**, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]**И.А. Бакин,** доктор технических наук, профессор
[1]**А.В. Журавлев,** доктор технических наук, профессор
[1]Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия
[2]Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
E-mail: bakin@rgau-msha.ru

***Ключевые слова*:** мульча, биоразлагаемость, биоразлагаемые пленки, биополимеры, пленочные полимерные покрытия.

Реферат. *Мульчирование почвы является распространенным агротехническим приемом в сельском хозяйстве, обеспечивающим снижение потерь влаги, подавление сорняков, регулирование температуры почвы и в целом повышение урожайности. Традиционно для этих целей используется полиэтилен низкой плотности, что обусловлено его механическими и барьерными свойствами, устойчивостью ко всем формам деградации, простотой обработки покровной почвы и низкой стоимостью. Однако использование полиэтилена имеет ряд техногенных и экологических рисков, связанных с затрудненной биоразлагаемостью, сложностью его удаления после цикла сбора урожая и окончательной утилизации. Поэтому существует большой интерес к использованию биоразлагаемых мульчирующих пленок. Рассмотрены две группы материалов, наиболее пригодных для производства биоразлагаемых покрытий: полисахариды естественного происхождения и биополимеры синтетического происхождения. Проанализированы технологические приемы получения биополимеров из необработанного природного материала путем экстракции из биомассы, а также химическими или биотехнологическими методами. Представлены данные о потенциале биоразлагаемых мульчирующих материалов естественного происхождения, пленок на основе полисахаридов, синтетических полимеров, а также наносимых в виде раствора для возможной замены традиционных мульчирующих материалов. Проведено сравнение составов биоразлагаемых покрытий, их свойств и эффектов при использовании. Обобщены перспективы и пути внедрения биоразлагаемых пленочных материалов в практику сельского хозяйства.*

BIODEGRADABLE MULCHING MATERIALS FOR AGRICULTURE: TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY

[1]**A.H.-H. Nugmanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor
[2]**L.M. Titova**, PhD in Agricultural Sciences
[1]**I.A. Bakin**, Doctor of Technical Sciences, Professor
[1]**A.V. Zhuravlev**, Doctor of Technical Sciences, Professor
[1]Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia
[2]Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
E-mail: bakin@rgau-msha.ru

Keywords: mulch, biodegradability, biodegradable films, biopolymers, film polymer coatings.

Abstract. *Soil mulching is a common agricultural technique that reduces moisture loss, suppresses weeds, regulates soil temperature, and generally increases yield. Traditionally, low-density polyethylene is used for these purposes due to its mechanical and barrier properties, resistance to all forms of degradation, simple processing of cover soil, and low cost. However, using polyethylene has several artificial and environmental risks associated with difficult biodegradability, the difficulty of its removal after the harvest cycle, and final disposal. Therefore, there is great interest in the use of biodegradable mulch films. Two groups of materials most suitable for producing biodegradable coatings are polysaccharides of natural origin and biopolymers of synthetic origin. Technological methods for producing biopolymers from raw natural material by extraction from biomass and chemical or*

biotechnological methods are analyzed. Data are presented on the potential of biodegradable mulch materials of natural origin, films based on polysaccharides, synthetic polymers, and those applied as a solution for possible replacement of traditional mulch materials. A comparison was made of the compositions of biodegradable coatings, their properties, and their effects when used. The prospects and ways of introducing biodegradable film materials into agricultural practice are summarized.

Мульчирование почвы – это агротехнический прием в сельском хозяйстве, обеспечивающий снижение потерь влаги, подавление сорняков [1], регулирование температуры почвы [2] и предотвращение эрозии почвы [3]. Эффект мульчирующих пленок заключается во влиянии на агрофизические и микробиологические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур [4]. Их использование приводит к снижению химической нагрузки на почву за счет сокращения применения химических средств борьбы с сорняками, уменьшению потребления воды и ускорению сбора урожая. Мульчирование может также оказывать положительное влияние на качество урожая за счет сохранения растений и плодов от воздействия болезней почвы и загрязнения.

Биоразложение мульчи – это процесс биофизической, биохимической и ферментативной природы, осуществляемый в естественных условиях посредством микробного сообщества почвы, конечным результатом которого является полное превращение органического вещества в неорганические продукты (например, диоксид углерода и вода). Биоразложение может происходить как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Продукты разложения безопасны для окружающей среды, потому использование такого типа мульчи не создает критичной антропогенной нагрузки.

В настоящее время на рынке представлен значительный ассортимент мульчирующих материалов, в научном сообществе проведены исследования свойств, технологий, агротехнических эффектов и экологических аспектов применения различных типов мульчи в зависимости от климатических условий в разных частях мира и для различных видов растений. Однако систематических исследований по применению биоразлагаемой мульчирующей пленки практически нет [5]. Изучение возможности использования биоразлагаемых мульчирующих материалов во многом связано с вопросами устойчивого развития агропромышленного комплекса, производством органической продукции, возрастающими запросами экологической безопасности при повсеместном использовании полимерных мульчирующих материалов на основе полиэтилена, поэтому является весьма актуальным.

Цель исследований заключалась в систематизации имеющихся данных и качественном анализе мировых исследований и тенденций в области применения биоразлагаемых мульчирующих материалов в России и на глобальных рынках сельскохозяйственной и садоводческой продукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использованы методы сравнительного анализа при проведении критического обзора мировых и отечественных публикаций научной и патентной литературы по поставленной цели. В качестве источников данных использовались наукометрические и патентные базы: библиографическая и реферативная база данных рецензируемой научной литературы Scopus, научная электронная библиотека eLibrary.Ru, российская научная электронная библиотека КиберЛенинка, крупнейшая академическая социальная сеть ResearchGate, информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности, интернет-сервис всемирного поиска патентных документов Esp@cenet.

Задачами исследования являлись: выявление основных тенденций, достижений, проблем и дальнейших ориентиров, перспектив развития биоразлагаемых мульчирующих материалов в сельском хозяйстве; критический анализ и систематизация сведений по поводу неблагоприятного воздействия пленок для мульчирования на устойчивость агроэкосистем; оценка вариантов использования биоразлагаемой и полиэтиленовой пленки с экологической точки зрения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период с 2021 г. наблюдается увеличение объемов производства биоразлагаемых мульчирующих пленок на 8,5 % [5]. В современной агротехнологии подавление сорняков происходит при использовании светонепроницаемых мульчирующих материалов, хотя для мульчирования с успехом используют и прозрачные материалы, если требуется нагрев почвы за счет солнечной радиации [6], но в этом случае мульчирующие пленки могут стимулировать рост сорняков. Прозрачные мульчирующие пленки также используются для частичной стерилизации почвы при воздействии солнечной радиации в течение 4–6 недель в самый жаркий период года на отдыхающую почву, что позволяет нагревать верхние слои почвы до температур, смертельных для широкого спектра почвенных патогенов [7].

При выборе мульчирующего материала исходят из пропускной способности (коэффициента пропускания) в различных диапазонах длин волн. При этом значения в диапазоне видимого света влияют на способность мульчи подавлять рост сорняков, в инфракрасном диапазоне – влиять на температуру почвы. Влияние это может быть как положительным, так и отрицательным. Увеличение температуры почвы в корневой зоне оказывает положительное влияние на рост растений, повышая созревание урожая в случае недостаточной температуры окружающего воздуха, но может вызывать и локальный перегрев близко прилегающей к поверхности корневой системы. Как радиометрическое свойство мульчирующей пленки может быть оценена также отражательная способность.

С 1940-х гг. прошлого века мульчирование производят преимущественно с помощью полиэтилена низкой плотности и стирола. Пленки подвергаются сильным механическим нагрузкам с растягивающими упругими деформациями во время укладки и эксплуатации в полевых условиях, а также процессам старения из-за воздействия климатических факторов, таких как ветер, суточные и сезонные колебания температуры, солнечная радиация и осадки [8]. Механические характеристики играют фундаментальную роль для мульчирующих пленок, поскольку они определяют их долговечность и практичность. Свойства обычных полиолефиновых пленок, такие как их механические и оптические характеристики, химическая стойкость, устойчивость к фоторазрушению и микробиологическому разложению, а также простота их обработки и низкая стоимость являются причиной широкого распространения и использования этих пленок во всем мире. Согласно исследованию H. Sintim, M. Flyry [9], мировой рынок сельскохозяйственной пластиковой пленки будет расширяться с совокупным годовым темпом роста на 7,4% с 2018 по 2026 г.

Технические требования к мульчирующим пленкам из полиэтилена приведены в ГОСТ 10354-82 [10]. Основные регламентируемые показатели, определяющие эксплуатационные характеристики: прочность при растяжении в продольном и поперечном направлении, относительное удлинение при разрыве. Что касается требований к биоразлагаемым мульчирующим материалам, стандарты на данный момент не разработаны.

На рынке представлены мульчирующие пленки в различных цветовых исполнениях, например, зеленые, красные и др., для уничтожения насекомых или для стимулирования фотосинтеза. Полиэтиленовая мульчирующая пленка может быть изготовлена многослойной и различных цветов, технология ее изготовления отработана и устойчива. При этом полиэтилен является тонким, хрупким, стабилен и обладает продолжительным периодом разложения в почве, не разлагается биологически даже в естественной среде, поэтому мульчирующие пленки необходимо восстанавливать после использования. Рециклизация мульчирующих пленок на основе полиэтилена возможна, но после сезона эксплуатации их необходимо собирать, сортировать и подвергать очистке от почвы, что трудоемко. Кроме того, физически изношенную и грязную мульчирующую пленку трудно использовать повторно. Для облегчения сбора полимерной пленки в ее состав предлагается добавлять ферромагнетик и сбор осуществлять с помощью ленточного транспортера с мягкомагнитным материалом [11].

Технические приемы для ускорения биоразложения полимерной мульчи. Для ускорения деструкции мульчирующие пленки изготавливаются из нефтехимических полимеров, таких как полиэтилен или полистирол, с добавлением химического агента разложения. Например, биоразлагаемость мульчирующих пленок на основе термопластичной полимерной матрицы обеспечивается за счет введения целлюлозосодержащего наполнителя [12] на основе целлюлозы или лигнинцеллюлозы, не представляющей пищевой и кормовой ценности (костра льна, лузга подсолнечника или риса, листва, солома) в количестве от 10 до 40%. Для получения толщины пленки от 40 до 400 мкм наполнитель необходимо механически измельчать и просеивать на сите с ячеей 300 мкм, затем подсушивать в течение 3 ч при 105 °С, что энергоемко. Биоразлагаемый наполнитель отрицательно влияет на механические свойства, увеличивая жесткость, даже в таких относительно небольших концентрациях.

Для придания свойства биоразлагаемости мульчирующей пленке в качестве добавки используют крахмал. Содержание крахмала в мульчирующих пленках составляет до 40%, и он выполняет функцию структрурообразователя. Известна биоразлагаемая мульча из смеси двух поддающихся биохимическому разложению биоразлагаемых полимеров, включающая картофельный крахмал, саженаполненный каучук и биоразлагаемые рециклизованные полимеры. Мульча разлагается за короткий промежуток времени в зависимости от толщины (от 3 месяцев до года), превращаясь в поддающийся биохимическому разложению материал, обогащающий почву [13]. Получаемая пленка хрупкая и сильно подвержена влиянию влаги. Большие количества пластификаторов, таких как глицерин и этиленгликоль, – эффективная мера для снижения хрупкости, но получаемые пленки слишком липкие и мягкие, непрочные во влажном состоянии. Это вызывает технологические трудности при формировании полотна пленки.

Высокие концентрации крахмала – недостаток с точки зрения цены получаемой пленки. Кроме того, мульчирующие пленки на основе крахмала обладают недостаточной механической прочностью. Для устранения этого недостатка используют многослойные пленки. Это приводит к усложнению технологии изготовления и удорожанию из-за многокомпонентности состава. При достаточной механической прочности сроки разложения мульчи для быстросозревающих культур с однократным урожаем за сезон (редис, салат, томаты и др.) должны быть минимальны (не более 3–4 месяцев), чтобы не мешать подготовке почвы и посеву новой культуры.

Мульчирующие пленки на основе термопластичной матрицы не являются биоразлагаемыми в полном смысле. При постоянном увеличении количества мульчирующей пленки в почве остается все больше остаточной пленки, которая оказывает серьезное негативное влияние на сельское хозяйство (ухудшение качества пахотных земель, снижение урожайности, затруднение сельскохозяйственных операций и вторичное загрязнение окружающей среды). При засеве пахотных земель многократно за сезон наличие большого количества остаточной пленки в почве вызывает частые отказы оборудования, прерывистую механическую работу, серьезно страдает качество и эффективность. Использование пластиковых материалов приводит к серьезному недостатку, заключающемуся в утилизации огромного количества отходов, и в последние десятилетия осознание экологических проблем побуждает к разработке нового поколения материалов, созданных из сырья возобновляемого происхождения. Полностью биоразлагаемая мульчирующая пленка – один из эффективных способов решения экологических проблем, вызванных мульчирующей пленкой на основе термопластичной матрицы.

Полностью биоразлагаемые мульчирующие покрытия. Отказ от технологий выращивания, основанных на рыхлении почвы, и переход к природоподобным – мировая тенденция [14]. Наиболее простой способ защитить почву от потери влаги и солнечного воздействия – покрыть ее слоем волокнистого материала растительного происхождения [15–18], например, отходами после сбора и шелушения зерна, круп и др. Такая технология с переменным успехом применяется на территориях с различным климатом. Некоторые результаты приведены ниже.

Мульчирование растений томата рисовой шелухой благоприятно сказалось на урожайности и качестве продукции в сравнении с контролем [19] при проведении полевых испытаний в засушливом климате Республики Кальмыкия.

В работе J. Hu et al. [20] произведен сравнительный анализ влияния на микроклимат, содержание антоцианов и содержание сахаров в плодах столового винограда Синьюй в полузасушливом климате черного геотекстиля и травяной мульчи. В качестве контроля использовалась поверхностная обработка почвы без мульчирующих покрытий. Черный геотекстильный мульчирующий материал увеличивал температуру воздуха и почвы, в то время как травяная мульча уменьшала их. Протестированные в исследовании виды мульчи не оказали большого влияния на содержание витамина С и на выход готовой продукции. Однако оба увеличили общее содержание антоцианов на 36,04% (геотекстиль) и 5,03% (травяная мульча) сравнению с контролем. Влияние на содержание сахаров черного геотекстиля было отрицательным, в то время как травяная мульча увеличивала их количество по сравнению с контролем. Эти данные свидетельствуют о том, что травяная мульча является предпочтительной при выращивании винограда в районе Турфана республики Китай.

Степень сохранности почвенной влаги зависит не только от возможности мульчирующего материала препятствовать воздушным потерям влаги, но и от его способности отражать солнечный свет [21]. Мульчирование мелкодисперсным мелом междурядий по сравнению с черно-серебристой пленкой оказалось менее эффективным.

О.В. Якимова, В.Э. Лазько [22] сравнили эффективность применения мульчирования почвы полимерной биоразлагаемой пленкой фирмы BASF и вторичной целлюлозой на посевах дыни. Результат исследования показал, что мульчирование в обоих случаях защищает корневую систему от перегрева и сглаживает колебания температуры в почве, препятствует испарению влаги и подавляет рост сорняков, но именно применение вторичной целлюлозы создало оптимальные условия для корневой системы дыни. После завершения уборки и удаления капельной ленты вторичная целлюлоза и полимерная пленка не создавали препятствий для применения механизированной обработки почвы.

В работе К.С. Розметова [23] изучалось влияние мульчирования поверхности почвы навозом-сыпцом на влажность и плотность почвенной корки. Исследования показали, что это способствует заметному увеличению влажности почвы в слое расположения семян хлопчатника, образование почвенной корки значительно сократилось.

Описана мульчирующая композиция на основе торфяного материала [24]. Способ ее получения включает объединение волокнистого торфяного материала с водой и последующее вмешивание полученного из биомассы пиролизного масла в суспензию. Мульчирующая композиция в форме поверхностного покровного слоя распределяется по почвенному субстрату в качестве пестицида для борьбы с сорняками и вредителями, а также с целью рекультивации и улучшения почвы.

Биоразлагаемые мульчирующие материалы типа пленок. Для производства мульчирующих покрытий – аналогов пленочных полимерных покрытий на основе полиэтилена и полистирола – используют две группы материалов: полисахариды естественного происхождения и биополимеры синтетического происхождения. Биополимеры могут быть получены путем экстракции из биомассы, а также химическими или биотехнологическими методами из необработанного природного материала.

Пленочные материалы на основе полисахаридов давно известны и активно разрабатываются в пищевой промышленности в качестве биоразлагаемой упаковки, предотвращающей порчу и потерю влаги, изменение цвета при хранении свежих фруктов и сухофруктов [25] и для других целей [26]. Широкое внедрение их в производство сдерживается низкими эксплуатационными свойствами (низкая механическая прочность, набухание при воздействии влаги) и высокой ценой по сравнению с полиэтиленом [27]. Но большинство разработок в мире как раз направлено на создание мульчирующих покрытий на основе полисахаридов [28]. В последние годы биоразлагаемые пленки были разрабо-

таны для сельскохозяйственных целей [29] на основе крахмала [30–32], целлюлозы [33–35], хитозана [36], альгината натрия [37] и других минералов [38]. Состав композиций пленок для мульчирования во многом аналогичен упаковочным пленкам для пищевой промышленности, и проблемы для сельского хозяйства имеются те же: высокая стоимость, низкие эксплуатационные показатели и барьерные свойства, так как в процессе эксплуатации мульча подвергается воздействию влаги и солнечного излучения.

Малоизученность свойств биоразлагаемых мульчирующих пленок, механизмов повышения их эксплуатационных показателей, слабая аргументация достоинств в широком диапазоне условий использования и высокая стоимость являются основными коммерческими ограничениями для внедрения таких пленок в системы растениеводства в полевых условиях. Ниже приведен критический анализ некоторых имеющихся данных об эффективности использования биоразлагаемых мульчирующих материалов.

Эффекты от использования биоразлагаемых полимерных материалов, естественно, не должны ограничиваться только их высокой скоростью деструкции. У мульчи есть определенные функции с точки зрения ее влияния на показатели почвы и сельскохозяйственные культуры (индекс роста зеленой массы, урожайность, влияние на цвет плодов, содержание сахаров, антоцианов, кислот и другие качества, определяющие их покупательский спрос). В литературе оцениваются самые разные показатели и по различным методикам, поэтому сложно бывает сопоставить отдельные результаты друг с другом. Согласно опубликованным данным, в целом наблюдается положительное влияние на качество почвы и сельхозпродукции при использовании биоразлагаемых мульчирующих материалов, но практически во всех источниках авторы делают оговорку на эдафизические особенности почв и климат в исследуемом регионе. Ниже приведем некоторые из них.

Наибольшее количество работ посвящено исследованию мульчирующих пленок на основе крахмала, т.к. это самый дешевый полисахарид естественного происхождения и его можно получать как побочный продукт различных производств (например, из картофельной кожуры, банановых корок, отходов переработки кукурузы [8]).

Промышленно производимые полностью биоразлагаемые мульчирующие пленки на основе биополимеров синтетического происхождения включают полигликолевую кислоту (PGA), полимолочную кислоту (PLA), бутилентерефталат (PBAT), полибутиленсукцинат (PBS), полибутиленсукцинат-адипат-бутиленгликоль (PBSA), сополимер полибутиленсукцинат-бутилентерефталат (PBST), поликапролактон (PCL), сложные эфиры жирных кислот (PHA), полипропиленкарбонат (PPC) по отдельности или в сочетании друг с другом.

При использовании чистого PBAT [39] для изготовления мульчирующей пленки ее барьерные свойства (например, значительная скорость пропускания водяного пара) не соответствуют условиям роста и развития большинства сельскохозяйственных культур.

Известны композиции на основе полимолочной кислоты PLA для изготовления полностью биоразлагаемой мульчирующей пленки [40]. Такие пленки прозрачны и относительно выгодны с точки зрения стоимости, но им не хватает гибкости и ударопрочности. Кроме того, паропроницаемость таких пленок значительна, что приводит к быстрому высыханию мульчированной почвы. Обеспечить высокую атмосферостойкость и барьерные свойства при одновременном усилении прочностных свойств возможно при изготовлении мульчирующей пленки из нескольких различных по составу слоев [41]. К недостаткам пленки для мульчирования относятся сложность состава, многостадийность обработки при послойном ее создании, высокая стоимость.

Мульчирующие пленки тройных смесей (PBAT, PLA и PPC) успешно получают путем экструзионного смешивания и выдувания пленки. Исследовано влияние различных коэффициентов раздува на механическую прочность пленок: состава PBAT – 64 масс. %, PPC – 20 масс. %, PLA – 16 масс. % [42]. Мульчирующая пленка обладает хорошими механическими свойствами: прочность на растяжение в продольном/поперечном направлении достигает соответственно 43,0 / 37,6 МПа, относительное удлинение при разрыве – 160/450%. Добавление PLA улучшает прочность мульчирующей

пленки, а добавление PPC – барьерные характеристики. После добавления высокоэффективных светостабилизаторов мульчирующие пленки обладают хорошей светостойкостью, их удлинение при разрыве превышает 100% после 100 ч УФ-облучения.

Кроме технологических проблем производства биоразлагаемых материалов для мульчирования существует проблема оценки экологической безопасности при их агротехническом применении. В исследовании Sh. Zhang et al. [43] приведены результаты оценки влияния мульчи, биоразлагаемой мульчирующей пленки и полиэтиленовой пленки на физические, химические и биологические свойства почвы после 6 лет (2013–2019 гг.) мульчирования при выращивании чеснока. Результаты показали, что насыпная плотность почвы 10–20-сантиметрового слоя почвы под биоразлагаемым пленочным материалом снизилась на 12,09–17,17% по сравнению с полиэтиленовой пленкой. Общее содержание азота в почве увеличилось на 14,75–28,37, а фосфора и калия – на 64,20 и 108,82% соответственно. Кроме того, биоразлагаемая мульчирующая пленка повысила активность микробов, почвенной уреазы и каталазы почвы, т. е. можно утверждать, что биоразлагаемая мульсирующая пленка может улучшить качество почвы.

С целью опытно обоснованного рационального выбора показателей почвы, которые нужно контролировать для оценки влияния на нее биоразлагаемых мульчирующих покрытий, в ходе 18-месячного исследования [44] определялось воздействие на пять показателей почвы мульчирования тремя видами биоразлагаемой мульчи (на основе крахмала, полимолочной кислоты и целлюлозы) при посадке томатов в закрытом и в открытом грунте в трех географически различных местах на территории США. Было установлено, что из пяти оцененных показателей наиболее чувствительными к виду мульчи стали активность микробной биомассы почвы и β- глюкозидаза, и их контроль рекомендуется в качестве показателей при оценке влияния биоразлагаемой мульчи.

В работе X. Zhang et al. [45] приведены результаты исследования влияния на свойства почвы (температура, влажность, pH, электропроводность, питательные вещества и ферменты), рост растений (морфология корней, относительная скорость роста, биомасса растений и соотношение корень/побег), урожайность и качество плодов различных видов мульчи (пленка из полиэтилена, два вида биоразлагаемой пленки: биоразлагаемая бумага из растительной соломы и пленка, изготовленная из растительной соломы в сочетании с разложившимся углем). Немульчированная почва служила контролем. Испытание проводилось в теплице с томатами, расположенной в округе Хелань, Китай, со средней температурой воздуха около 32 °C и 31 °C в течение летнего сезона в 2016 и 2017 гг. соответственно. Мульчирование полиэтиленом хотя и увеличивало влажность почвы, оно повышало температуру почвы, pH и электропроводность и уменьшало содержание доступного фосфора, что приводило к замедлению роста растений (длины и диаметра корней, высоты растений и площади листьев, а также прироста биомассы побегов и корней) и снижению урожайности плодов. Мульчирование биоразлагаемой пленкой снижало температуру почвы, однако приводило к уменьшению роста корней (диаметр корней и биомасса, а также соотношение корень/побег). Мульчирование биоразлагаемой бумагой не только снижало температуру почвы, но и увеличивало её влажность. В результате этот вид мульчи продемонстрировал ряд преимуществ, таких как снижение электропроводности почвы, увеличение активности почвенных ферментов, улучшение роста растений и повышение урожайности.

В работе A. Sekara et al. [46] представлены результаты исследований, проведенных на юге Италии, целью которых была оценка влияния биоразлагаемой мульчи на урожайность плодов и качество тепличных сортов томатов. Сравнивались три типа мульчирования (биоразлагаемые черные пленки, черная полиэтиленовая пленка, прозрачный полиэтилен низкой плотности) и контроль без мульчирования. Мульчирование привело к самым высоким показателям урожайности плодов и роста, тогда как немульчированные контрольные посевы – к самым низким. Содержание растворимых твердых веществ, уровень антиоксидантов и антиоксидантной активности в плодах были самыми высокими при мульчировании биораз-

лагаемыми пленками. Таким образом, биоразлагаемые полимеры улучшили условия роста корней томатов и качество плодов.

Согласно X. Shan et al. [47], мульчирование биоразлагаемыми и полиэтиленовыми пленками эффективно увеличило урожайность брокколи, перца чили и чеснока – на 17,6–19,0; 21,3–23,3 и 26,0–29,5% соответственно по сравнению с немульчированной почвой.

A. Abduwaiti et al. [48] проведено тестирование биоразлагаемых пленок в качестве альтернативы мульчированию пластиковой пленкой для картофеля, органического риса, помидоров, тепличных овощей в Китае. Экспериментально доказан положительный эффект.

Биоразлагаемая мульча значительно снижала объемную плотность почвы, повышала микробную активность почвы и активность почвенных ферментов и на 30,35% увеличила урожайность кукурузы [49].

В работе P. Siwek et al. [50] протестировано влияние пленки из черного полилактида на параметры почвы и урожайность выращиваемых в полевых условиях огурцов. Доказано, что данный материал может быть хорошей альтернативой распространённым полипропиленовым нетканым материалам.

Общие преимущества и недостатки применения биоразлагаемых полимерных пленок в качестве мульчи. Как показано выше, биоразлагаемые полимеры можно рассматривать как устойчивые альтернативы обычным пластиковым мульчирующим материалам на основе полиэтилена и полистирола, и они все чаще применяются в сельском хозяйстве. Но при этом существует обеспокоенность по поводу экологической безопасности и потенциального воздействия этих материалов на агроэкосистемы. Необходимо обобщение и систематизация данных применения биодеградируемых мульчирующих пленок на различных типах почв, для различных культур, в разных условиях посадки. Необходимо исследовать и обобщить воздействие биоразлагаемых мульчирующих материалов и их промежуточных продуктов деградации на сельскохозяйственные культуры и микробиом почвы. Имеющиеся данные [51] говорят о том, что биоразлагаемые пленочные мульчирующие материалы оказывают скрытое неблагоприятное воздействие на агроэкосистемы, которое не следует недооценивать, и необходимо обратить внимание на экологические риски масштабного использования этих материалов в сельском хозяйстве.

Жидкие мульчирующие составы, наносимые распылением. Особую группу мульчирующих материалов составляет мульча, образованная при распылении на поверхность почвы водного раствора натуральных биоразлагаемых, биосовместимых и нетоксичных полимеров (желатин, целлюлоза, глюкоманн, хитозан, крахмал, альгинат натрия и др. [52, 53]). Благодаря растворимости в воде некоторые синтетические разлагаемые полимеры, такие как полиакриламид, поливиниловый спирт, карбоксиметилцеллюлоза и гидролизованный крахмал-*g*-полиакрилонитрил, можно легко распылять на почву отдельно или в смеси с питательными веществами или другими мульчирующими материалами [54].

Наиболее активно это направление развивается сейчас в таких странах, как Китай и Италия (Университет Бари, Национальный исследовательский центр Италии, Пизанский университет). Способ известен с 50-х гг. XX в., эффективность его была доказана, но коммерческое внедрение сдерживается высокой ценой материалов. Например, известно, что для борьбы с образованием корки на поверхности почвы, стимулирования всходов и роста томатов и салата-латука может быть эффективно использован калийный полиакриламид в водном растворе низкой концентрации на разных типах почв [55]. Полимер вводят в количестве нескольких миллиграммов на литр в линии орошения, что улучшает кондиционирование влаги, а значит, всхожесть семян. Технология используется с успехом и поныне, например, для улучшения почвы, удаления солей в почве с высокой усадкой и набуханием [56].

Сейчас (начиная с 2016 г. особенно [57]) ведется непрерывный и углубленный поиск по нескольким направлениям, таким как разработка оптимальных составов и оценка воздействия покрытия на качество урожая и свойства почвы на протяжении всего года.

Полисахариды взаимодействуют с молекулами воды, захватывая их в макромолекулярную сеть, взаимодействие сопровождается процессами набухания, гелеобразования, эмульгиро-

вания и пленкообразования. После испарения воды на почве образуется сплошное защитное тонкое покрытие, способное выполнять в той или иной мере функции мульчи. Для улучшения гибкости покрытия в состав вводят пластификаторы – глицерин и полиглицерин (примерно 1,5%). Толщина наносимого покрытия после высыхания – от 1500 до 5000 мкм в зависимости от состава. Срок службы покрытия – не более 6 месяцев в зависимости от условий эксплуатации (открытый или закрытый грунт). Остатки мульчи можно оставлять на почве или зарывать в нее, и микроорганизмы разлагают их, превращая в двуокись углерода или метан, воду и биомассу. Экспериментальные данные показали [51], что необходимое для разложения остатков время составляет не более месяца.

Известны мульчирующие покрытия на основе полисахаридов, способные образовывать относительно водостойкие гибкие полимерные матрицы (гуаровая камедь, камедь рожкового дерева) даже при низкой концентрации (около 1,5 % каждого компонента) [59]. Камеди проявляют лучшие пленкообразующие свойства по сравнению с другими полисахаридами [60]. С целью увеличения прочности покрытия перед нанесением мульчирующего раствора поверхность грунта покрывают смесью муки из морских водорослей и измельченных отрубей пшеницы, для увеличения прочности при растяжении в состав вносят такие наполнители, как целлюлозные волокна, технический углерод (2%) [61]. Технический углерод создает препятствие для прохождения света, тем самым мульча подавляет рост сорняков. Введение в состав целлюлозы обеспечивает повышенную устойчивость к воздействию влаги. Можно отметить дефицит данных по свойствам различных покрытий, полученных из указанных составов, разрозненность методов их определения. Наиболее высокими эксплуатационными характеристиками обладают составы на основе крахмала. Например, L. Chen et al. [62] получили мульчирующее покрытие путем прививки полиакриловой кислоты на картофельный крахмал с последующим сшиванием с N, N'-метилен-бис-акриламидом. Покрытие имеет хорошие механические свойства: прочность на разрыв 20,89 МПа, относительное удлинение при разрыве 59,19 %, водопоглощающая способность 68,58 г/г, растворимость в воде 4,5 % – и быструю разлагаемость.

В отдельную группу можно выделить жидкие композиции для мульчирования на основе синтетических полимеров с добавками из промышленных отходов биомассы. Используют составы на основе поливинилового спирта и отходы пищевой и агропромышленной промышленности (жом сахарного тростника, пшеничная мука, апельсиновая корка, яблочная кожура, кукурузные волокна, опилки и пшеничная солома) [63]. Экономически целесообразно применение таких составов там, где желатин и жмых сахарного тростника являются побочным продуктом производства. Использование отходов желатина и побочных продуктов фармацевтической, сельскохозяйственной и кожевенной промышленности представляет собой значительный источник белка, что обогатит почву после разложения мульчирующего покрытия. Результаты экспериментов с распылением составов на основе желатина показали, что пленки сохранялись на почве более двух недель, и почва лучше кондиционировалась по сравнению с контрольным образцом.

К этой группе можно отнести композиции для мульчирования распылением на основе гидролизата кератина шерсти [64]. Полимерную структуру получали при его смешивании с поливиниловым спиртом, полиакриламидом, N, N'-метиленбисакриламидом и глицерином. Мульчирующий состав содержит элементы, необходимые для роста растений, такие как азот, фосфор, калий, сера, кальций и кремний, высвобождающиеся в почву при разложении. Барьерные свойства для уменьшения испарения воды и сохранения тепла и высокая биоразлагаемость покрытия подтверждены экспериментально.

В работе J.P. Zhang et al. [65] в качестве полимерного связующего для получения мульчирующего покрытия использовался сшитый полимер эпоксидированного льняного масла и 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновой кислоты. В качестве наполнителей применялись следующие промышленные отходы природного происхождения: костная мука, фосфогипс, рапсовый жмых, сосновая хвоя, сосновая кора, отходы мукомольного производства и смесь зерновых отходов и сорняков. Композитные пленки могут

быть сформированы в процессе естественной сушки в течение суток. Время отверждения увеличивалось с увеличением разбавления и количества наполнителя, а также с уменьшением температуры. Было обнаружено, что механические характеристики полученных полимерных композитов ухудшались с увеличением количества наполнителя. Прочность на разрыв, модуль Юнга и относительное удлинение при разрыве композитных пленок находились в диапазонах 0,3–1,8 МПа, 0,8–6,8 МПа и 17–51% соответственно. Набухаемость (2–22 %) зависела от типа и количества наполнителя, размера частиц и гидрофобности. Готовые композитные пленки в течение месяца способны удерживать влаги в почве в 2–2,5 раза больше, чем в почве без покрытия. Биоразлагаемость также экспериментально подтверждена: потеря массы составила 36–60% в течение 6 месяцев выдержки в почве.

Состав и способ нанесения мульчирующих покрытий распылением выдвигают особые требования к подготовке почвы – вспашка, удаление сорняков, выравнивание. Наносить раствор можно на различных фазах роста (при посеве семян, высадке луковиц, под корень растения). Росток легко пробивает покрытие, при посадке луковиц и саженцев покрытие удаляется вместе с грунтом. В некоторых случаях, напротив, распыление менее трудоемко, поскольку не требует ручных операций, таких как нарезка и укладка пластиковых пленок на лотки или горшки, для нанесения можно использовать широко применяемые в сельском хозяйстве распылительные устройства. Сравнить корректно по эксплуатационным показателям экструдированные пленки и наносимые распылением покрытия не представляется возможным, т.к. не разработана методика. В литературе имеются отдельные результаты исследований. Результаты экспериментов [66, 67], показали, как биоразлагаемые материалы сохраняют свои механические и радиометрические свойства в процессе эксплуатации в течение одного сельскохозяйственного сезона.

Внедрение биоразлагаемых материалов на рынке мульчирующих покрытий сдерживается их высокой ценой. Однако есть исследования, показывающие экономическую эффективность биоразлагаемых материалов [69, 69]. Если учитывать затраты на утилизацию полимерных пленок и малую толщину покрытия при использовании технологии распыления, тогда можно говорить о конкуретноспособности [59]. Есть и другие проблемы, но они являются общими для пленочных материалов и жидких мульчирующих составов для распыления. Они будут обозначены в общих выводах ниже.

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на обширные мировые исследования в области биоразлагаемых материалов для мульчирования сельскохозяйственных угодий и наличие линейки коммерчески доступных продуктов, активного внедрения их в практику сельского хозяйства не наблюдается, на что есть несколько причин. Это не только проблемы высокой стоимости, но и вопросы внедрения в существующие агротехнологии, а также технологические сложности производства.

2. Научные исследования технологии биоразлагаемых материалов для мульчирования развиваются в основном в направлениях разработки оптимального состава композиции для получения пленки с более высокими показателями влагостойкости и механической прочности. Исследования и разработки в междисциплинарных областях можно разделить на три основных направления: обоснование необходимости применения биоразлагаемой мульчирующей пленки; практика мульчирования и достигаемые эффекты; изучение процессов деградации биоразлагаемой мульчирующей пленки.

3. В ряде критических обзоров утверждается, что применение биоразлагаемой мульчирующей пленки в больших масштабах нецелесообразно ввиду отсутствия сведений об экологических последствиях для почвенных экосистем и накопления биоразлагаемых фрагментов в сельскохозяйственной и садоводческой продукции. По этой причине требуются широкомасштабные исследования в пролонгированном периоде влияния биоразлагаемых материалов на показатели качества почв для доказательства их экологической безопасности.

Работа выполнена за счет средств Программы развития РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вишнякова Н.М.* Микроклимат и урожай при мульчировании почвы пленкой. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 79 с.
2. *Латыпова А.Л., Соромотина Т.В.* Влияние мульчирующих материалов на суточные изменения температуры почвы // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 2. – С. 54–60.
3. *Бесчеревных В.А.* Мульчирование почвы полимерными материалами // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – Т. 24, № 9. – С. 39–41.
4. *Соромотина Т.В., Федурина О.Н.* Влияние мульчирующих материалов на агрофизические свойства почвы // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 12. – С. 4–6.
5. *It is still* too early to promote biodegradable mulch film on a large scale: A bibliometric analysis / L. Liu, G. Zou, Q. Zuo [et al.] // Environmental Technology Innovation. – 2022. – N 27 (3). – P. 102487–102514.
6. *Гончарук Н.С.* Полимеры в овощеводстве. – М.: Колос, 1971. – 264 с.
7. *Katan J., DeVay J.E., Greenberger A.* The Biological Control Induced by Soil Solarization //Vascular Wilt Diseases of Plants. NATO ASI Series. – 1989. – Vol. 28. – P. 493–499.
8. *Synthesis* and characterization of starch based bioplatics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers / A. Shafqat, N. Al-Zaqri, A. Tahira, A. Alsalme // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2020. – N 28. – P. 1–11.
9. *Sintim H., Flury M.* Is Biodegradable Plastic Mulch the Solution to Agriculture's Plastic Problem? // Environmental science technology. – 2017. – N 51. – P. 1068–1069.
10. *ГОСТ 10354-82.* Пленка полиэтиленовая. Технические условия. – Введ. 01.07.83. – М.: Стандаринформ, 2007. – 22с.
11. *Пат. 1596736* Российская Федерация, МПК C09K 17/00. Мульча и способ ее получения / Габдуллин А.Г.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт овощеводства Научно-производственного объединения по овощеводству «Россия». – № 4673588/15: заявл. 19.01.1989; опубл. 10.04.1995. – 2 с.
12. *Пат. 2737425* Российская Федерация, МПК C09K 17/00. Мульчирующая биоразлагаемая полимерная пленка и способ ее получения / Масталыгина Е.Е., Ахметшина З.Р., Анпилова А.Ю., Пантюхов П.В., Попов А.А.; заявители и патентообладатели Масталыгина Е.Е., Пантюхов П.В. – № 2020107147: заявл. 17.02.2020: опубл. 30.11.2020. – Бюл. № 34.
13. *Пат. 2646623* Российская Федерация, МПК C09K 17/52. Биоразлагаемая мульча для применения в сельском хозяйстве / Бьель Боррас Альфонсо, Сарагоса Лариос Карлос, Сирухеда Рансинберхер Алисия [и др.]; заявитель и патентообладатель СФИЭР ГРУП СПЕЙН, С.Л. – № 2015139580: заявл. 14.02.2014: опубл. 06.03.2018. – Бюл. № 7.
14. *Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г.* Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. – 2020. – № 1. – С. 3–7.
15. *Влияние* минимизации обработки на баланс углерода в почве в лесостепи Новосибирского Приобья / И.Н. Шарков, В.А. Андроханов, Л.М. Самохвалова, П.В. Антипина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1 (66). – С. 99–106. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-99-106.
16. *Сравнительная* оценка технологий возделывания яровой мягкой пшеницы с различным уровнем интенсификации в условиях Курской области / В.И. Лазарев, Р.И. Лазарева, Б.С. Ильин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 5. – С. 24–27. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10504.
17. *Iriany A., Hasanah F., Hartawati.* Study of Various Organic Mulch Sheet Compositions Usage towards The Growth and Yield of Cauliflower (Brassica oleracea Var Botrytis, L.) // International Journal of Engineering Technology. – 2019. – N 8. – P. 147–151.
18. *Polymers* Use as Mulch Films in Agriculture—A Review of History, Problems and Current Trends / Z. Mansoor, F.L. Tchuenbou-Magaia, M. Kowalczuk [et al.] // Polymers. – 2022. – N 14. – P. 1–29.
19. *Батыров В.А.* Влияние площади питания и мульчирования на урожайность томатов (Licope rsicon esculentum) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (41). – С. 74–76.

20. *Effects* of black geotextile mulch and grass mulch on the microclimate, fruit quality and anthocyanin components of Xinyu table grape / J. Hu, S. Bai, R. Zhao [et al.] // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2022. – P. 1–18.
21. *Ревенко В.Ю., Мацола Н.А., Агафонов О.М.* Применение укрывных мульчирующих материалов в селекционном процессе // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – С. 118–124.
22. *Якимова О.В., Лазько В.Э.* Применение полимерной биоразлагаемой пленки и вторичной целлюлозы в качестве мульчирующего материала на посевах дыни сорта Стрельчанка // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: сб. материалов 11-й Всерос. конф. молодых учёных и специалистов. – Краснодар, 2021. – С. 278–283.
23. *Розметов К.С.* Влияние мульчирования на влажность почвы и мощность почвенной корки // Молодой ученый. – 2011. – № 5 (28). – С. 266–268.
24. *Пат. № 2758108* Российская Федерация, МПК A01G13/02 C09K17/52. Мульчирующая композиция, способ ее получения и соответствующие применения / Кемппайнен Р., Тииликкала К.; заявитель и патентообладатель ЛУОННОНВАРАКЕСКУС. – № 2019118782: заявл. 07.12.2017: опубл. 26.10.2021. – Бюл. № 30.– 10 с.
25. *Edible* films and coatings: Structures, active functions and trends in their use / V. Falguera, C.J. Quintero, A. Jiménez [et al.] // Trends in Food Science Technology. – 2011. – N 22 (6). – P. 292–303.
26. *Film* formation and deposition methods of edible coating on food products: A review / R. Suhag, N. Kumar, A. Trajkovska Petkoska, A. Upadhyay // Food Research International. – 2020. – N 136. – P. 109582–109718.
27. *Scaling* up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review / J.J. Jayaraj, Dr.M. Chandrasekaran, S.P. Venkatesan [et al.] // Trends in Food Science Technology. – 2020. – N 100. – P. 210–222.
28. *Current* and emerging biodegradable mulch filmsbased on polysaccharide bio-composites. A review / M. Menossi, M. Cisneros, V.A. Alvarez, C. Casalongué // Agronomy for Sustainable Development. – 2021. – P. 41–53.
29. *Natural* Polymers and Additives in Commodity and Specialty Applications: A Challenge for the Chemistry of Future / M. Malinconico, P. Cerruti, G. Santagata, B. Immirzi // Macromolecular Symposia. – 2014. – N 337. – P. 124–133.
30. *Production,* characterization, and optimization of starch-based biodegradable bioplastic from waste potato (Solanum tuberosum) peel with the reinforcement of false banana (Ensete ventricosum) fiber / T.Y. Chaffa, B.T. Meshesha, S.A. Mohammed, S. Jabasingh // Biomass Conversion and Biorefinery. – 2022. – P. 1–13.
31. *Developing* Biodegradable Mulch Films from Starch-Based Polymers / P. Halley, R. Rutgers, S. Coombs [et al.] // Starch-Starke. – 2001. – N 53. – P. 362–367.
32. *Effect* of starch initial moisture on thermoplastic starch film properties and its performance as agricultural mulch film / M. Menossi, M. Salcedo, J. Capiel [et al.] // Journal of Polymer Research. – 2022. – N 29. – P. 2114–2137.
33. *Patent US2020140757A1*, IPC C09K17/52. Cellulose derived hydrophobic, bio-degradable films for mulch other applications / Sabornie C.; applicants RAYONIER PERFORMANCE FIBERS LLC. – № US16/178944A: Appl. 02.12.2018; Publ. 07.05.2020. – P. 11.
34. *Effect* of Long-Term Biodegradable Film Mulch on Soil Physicochemical and Microbial Properties / M. Zhang, Y. Xue, T. Jin [et al.] // Toxics. – 2022. – N 10. – P. 129–139.
35. *Sustainable* and hydrophobic polysaccharide-based mulch film with thermally stable and ultraviolet resistance performance / Zh. Sun, R. Ning, M. Qin [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2022. – N 295. – P. 119865–120160.
36. *Merino D., Gutiérrez1 T.J., Alvarez V.A.* Potential Agricultural Mulch Films Based on Native and Phosphorylated Corn Starch With and Without Surface Functionalization with Chitosan // Journal of Polymers and the Environment. – 2019. – N 27. – P. 97–105.
37. *Zhang M., Chen H.* Development and characterization of starch-sodium alginate-montmorillonite biodegradable antibacterial films // International Journal of Biological Macromolecules. – 2023. – N 233. – P.123462–123695.

38. *Agri-Biodegradable* Mulch Films Derived from Lignin in Empty Fruit Bunches / K. Sirivechphongkul, N. Chiarasumran, M. Saisriyoot [et al.] // Catalysts. – 2022. – N 12. – P. 1150–1162.
39. *Пат. № CN109679299A*, Китай, МПК A01G13/02; C08J5/18; C08K13/02; C08K3/28; C08K3/32; C08K5/20; C08K5/21; C08K5/47; C08L23/06; C08L23/08; C08L23/12; C08L23/30; C08L67/02; C08L91/06. Fully biodegradable plastic film with controllable induction period and preparation method thereof / Zhen Zhichao, Ji Junhui, Feng Wutong [et al.]; заявитель и патентообладатель TECHNICAL INST PHYSICS & CHEMISTRY CAS. – № CN201811405444A: заявл. 23.11.2018: опубл. 26.04.2019. – 2 с.
40. *Пат. № 2786367* Российская Федерация, МПК C08L7/00, C08L101/16, C08L67/04, D04H13/00. Биоразлагаемый функциональный материал сельскохозяйственного назначения / Тертышная Ю.В, Михайлов И. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова». – № 2022107212: заявл. 18.03.2022; опубл. 20.12.2022– 6 с.
41. *Пат. № CN108690333A*, Китай, МПК A01G13/02; B32B27/06; B32B27/08; B32B27/18; B32B27/36; B32B33/00; C08J5/18; C08K13/02; C08K3/22; C08K3/30; C08K3/34; C08K5/09; C08K5/20; C08L67/02; C08L69/00. High-barrier biodegradable mulch film and preparation method thereof / Zhang Chunhua; Shen Kunliang; Feng Aihua; заявитель и патентообладатель NANTONG HUASHENG POLYMER TECH CO LTD. - № CN201810311830A: заявл. 09.04.2018; опубл. 23.10.2018. – 2 с.
42. *Mechanical* properties, thermal behavior, miscibility and light stability of the poly(butyleneadipate-co-terephthalate)/poly(propylene carbonate)/polylactide mulch films / X. Wang, H. Pan, S. Jia [et al.] // Polymer Bulletin. – 2023. – N 80. – P. 2485–2501.
43. *Preparation* of eco-friendly cryogel absorbent/paper mulch composite with cellulose/$ZnCl_2$ gel as adhesive / Sh. Zhang, Ji. Zhou, X. Gao, H. Zhang // Industrial Crops and Products. – 2022. – N 177. – P. 114477–114477.
44. *Effects* of Biodegradable Mulch on Soil Quality / C. Li, J. Moore-Kucera, J. Lee [et al.] // Applied Soil Ecology. – 2014. – N 79. – P. 59–69.
45. *Comparison* of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality / X. Zhang, S. You, Y. Tian, J. Li // Scientia Horticulturae. – 2019. – N 249. – P. 38–48.
46. *Plant* growth, yield, and fruit quality of tomato affected by biodegradable and non-degradable mulches / A. Sękara, R. Pokluda, E. Cozzolino [et al.] // Horticultural Science (HORTSCI). – 2019. – N 46. – P. 138–145.
47. *Comparative* Analysis of the Effects of Plastic Mulch Films on Soil Nutrient, Yields and Soil Microbiome in Three Vegetable Fields / X. Shan, C. Zhang, Z. Dai [et al.] // Agronomy. – 2022. – N 12 (2). – P. 56–68.
48. *Testing* Biodegradable Films as Alternatives to Plastic-Film Mulching for Enhancing the Yield and Economic Benefits of Processed Tomato in Xinjiang Region / A. Abduwaiti, X. Liu, Ch. Yan [et al.] // Sustainability. – 2021. – N 13. – P. 3097–4010.
49. *Biodegradable* film mulching promotes better soil quality and increases summer maize grain yield in North China Plain / M. Li, Q. Zhang, S. Wei [et al.] // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2022. – № 69 (3). – P. 1–17.
50. *Siwek P., Domagała-Świątkiewicz I., Kalisz A.* The influence of degradable polymer mulches on soil properties and cucumber yeld // Agrochimica-Pisa. – 2015. – N 59 (2). – P. 108–123.
51. *Environmental* fate and impacts of biodegradable plastics in agricultural soil ecosystems / A. Mo, Y. Zhang, W. Gao [et al.] // Applied Soil Ecology. – 2023. – N 181 (part B). – P. 104667–104848.
52. *Addition* of glycerol plasticizer to seaweeds derived alginates: Influence of microstructure on chemical–physical properties / M. Avella, E.D. Pace, B. Immirzi [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2007. – N 69. – P. 503–511.
53. *Monitoring* of the degradation dynamics of agricultural films by IR thermography / P. Mormile, L. Petti, M. Rippa [et al.] // Polymer Degradation and Stability. – 2007. – N 92 (5). – P. 777–784.
54. *Kay B.L., Evans R.A., Young J.A.* Soaking procedures and hydro-seeder damage to common bermudagrass seeds // Agronomy journal. – 1977. – N 69. – Pp. 555–557.
55. *Wallace A.* Anionic Polyacrylamide Treatment of Soil Improves Seedling Emergence and Growth // HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science. – 1987. – N 22 (5). – P. 951.

56. *Malik M., Amrhein C. Letey J.* Polyacrylamide to Improve Water Flow and Salt Removal in a High Shrink-Swell Soil // Soil Science Society of America Journal. – 1991. – N 55 (6). – P. 55.
57. *Integrated* quantitative bibliometric and in-depth qualitative content analysis of global biodegradable liquid mulching film research: Progress, hotspots and prospect / J.P. Zhang, Z. Yang, J.Q. Hou [et al.]. – 2022. – P. 35.
58. *Schettini E., Vox G., De Lucia B.* Effects of the radiometric properties of innovative biodegradable mulching materials on snapdragon cultivation // Science Hortic-Amsterd. – 2007. – N 112 (4). – P. 456–461.
59. *An overview* on innovative biodegradable materials for agricultural applications / M. Malinconico, B. Immirzi, G. Santagata [et al.] // Progress in Polymer Degradation and Stability Research. – Italy: Nova Science Publishers, 2008. – P. 69–114.
60. *Thimma Reddy T., Tammishetti S.* Free radical degradation of guar gum // Polymer Degradation and Stability. – 2004. – P. 455–459.
61. *Sustainable* greenhouse systems / G. Vox, M. Teitel, A. Pardossi [et al.] // Sustainable Agriculture: Technology, Planning and Management. – 2010. – P. 1–79.
62. *Fabrication* and characterization of one high-hygroscopicity liquid starch-based mulching materials for facilitating the growth of plant / L. Chen, R. Dai, Z. Shan, H. Chen // Carbohydrate Polymers. – 2020. – N 15. – P. 218–231.
63. *Environmentally* Degradable Bio-Based Polymeric Blends and Composites / E. Chiellini, Patrizia, P. Cinelli, F. Federica Chiellini, H.S. Imam // Macromolecular Bioscience. – 2004. – N 15. – P. 218–231.
64. *Li W., Chen Y., Zhang S.* Hydrolysis of abandoned bovine hair by pulping spent liquor and preparation of degradable keratin-based sprayable mulch film // Bioresources. – 2020. – N 15. – P. 5058–5071.
65. *Biodegradable* Linseed Oil-Based Cross-Linked Polymer Composites Filled with Industrial Waste Materials for Mulching Coatings / J. Vaicekauskaite, J. Ostrauskaite, J. Treinyte [et al.] // Journal of Polymers and the Environment. – 2019. – N 27. – P. 395–404.
66. *Briassoulis D.* Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions // Polymer Degradation and Stability. – 2006. – P. 1256–1272.
67. *Scarascia - Mugnozza G., Schettini E., Vox G.* Effects of Solar Radiation on the Radiometric Properties of Biodegradable Films for Agricultural Applications // Biosystems Engineering. – 2004. – P. 479–487.
68. *Ghosh K., Jones B.* Roadmap to Biodegradable Plastics — Current State and Research Needs // ACS Sustainable Chemistry Engineering. – 2021. – N 9. – P. 6170–6187.
69. *The Use* of Hydromulching as an Alternative to Plastic Films in an Artichoke (Cynara Cardunculus cv. Symphony) Crop: A Study of the Economic Viability / J. López-Marin, M. Romero Muñoz, A. Gálvez // Sustainability. – 2021. – N 13. – P. 5313–5326.

REFERENCES

1. Vishnjakova N.M., *Mikroklimat i urozhaj pri mul'chirovanii pochvy plenkoj* (Microclimate and yield when mulching the soil with a film, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 79 p.
2. Latypova A.L., Soromotina T.V., *Permskij agrarnyj vestnik*, 2016, No. 2, pp. 54–60. (In Russ.)
3. Bescherevnyh V.A., *Himija v sel'skom hozjajstve*, 1986, Vol. 24, No. 9, pp. 39–41 (In Russ.)
4. Soromotina T.V., Fedurina O.N., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2012, No. 12, pp. 4–6. (In Russ.)
5. Liu L., Zou G., Zuo Q., Li S., Bao Z., Jin T., Liu D., Du L., It is still too early to promote biodegradable mulch film on a large scale: A bibliometric analysis, *Environmental Technology Innovation*, 2022, No. 27 (3), pp. 102487–102514.
6. Goncharuk N.S., *Polimery v ovoshhevodstve* (Polymers in vegetable growing), Moscow: Kolos, 1971, 264 p.
7. Katan J., DeVay J.E., Greenberger A., The Biological Control Induced by Soil Solarization, *Vascular Wilt Diseases of Plants. NATO ASI Series*, 1989, Vol. 28, pp. 493–499.
8. Shafqat A., Al-Zaqri N., Tahira A., Alsalme A., Synthesis and characterization of starch based bioplatics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2020, No. 28, pp. 1–11.
9. Sintim H., Flury M., Is Biodegradable Plastic Mulch the Solution to Agriculture's Plastic Problem? *Environmental science technology*, 2017, No. 51, pp. 1068–1069.
10. GOST 10354-82. *Plenka polijetilenovaja. Tehnicheskie uslovija* (Polyethylene film. Technical conditions), Vved. 01.07.83, Moscow: Standarinform, 2007, 22 p. (In Russ.)

11. *Pat. 1596736 Rossijskaja Federacija*, MPK C09K 17/00. Mul'cha i sposob ee poluchenija, Gabdullin A.G.; zajavitel' i patentoobladatel' Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij institut ovoshhevodstva Nauchno-proizvodstvennogo ob#edinenija po ovoshhevodstvu «Rossija», № 4673588/15: zajavl. 19.01.1989; opubl. 10.04.1995, 2 p. (In Russ.)
12. *Pat. 2737425 Rossijskaja Federacija*, MPK C09K 17/00. Mul'chirujushhaja biorazlagaemaja polimernaja plenka i sposob ee poluchenija, Mastalygina E.E., Ahmetshina Z.R., Anpilova A.Ju., Pantjuhov P.V., Popov A.A.; zajavitel' i patentoobladatel' Mastalygina E.E., Pantjuhov P.V., № 2020107147: zajavl. 17.02.2020: opubl. 30.11.2020., Bjul. № 34. (In Russ.)
13. *Pat. 2646623 Rossijskaja Federacija*, MPK C09K 17/52. Biorazlagaemaja mul'cha dlja primenenija v sel'skom hozjajstve, B'el' Borras Al'fonso, Saragosa Larios Karlos, Siruheda Ransinberher Alisija [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' SFIJeR GRUP SPEJN, S.L., № 2015139580: zajavl. 14.02.2014: opubl. 06.03.2018. Bjul. № 7. (In Russ.)
14. Poljakov D.G., Bakirov F.G., *Zemledelie*, 2020, No. 1, pp. 3–7. (In Russ.)
15. Sharkov I.N., Androhanov V.A., Samohvalova L.M., Antipina P.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 1 (66), pp. 99–106, DOI 10.31677/2072-6724-2023-66-1-99-106. (In Russ.)
16. Lazarev V.I., Lazareva R.I., Il'in B.S. [i dr.], *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2020, T. 34, No. 5, pp. 24–27, DOI 10.24411/0235-2451-2020-10504. (In Russ.)
17. Iriany A., Hasanah F., Hartawati, Study of Various Organic Mulch Sheet Compositions Usage towards The Growth and Yield of Cauliflower (Brassica oleracea Var Botrytis, L.), *International Journal of Engineering Technology*, 2019, No. 8, pp. 147–151.
18. Mansoor Z., Tchuenbou-Magaia F.L., Kowalczuk M. [et al.], Polymers Use as Mulch Films in Agriculture – A Review of History, Problems and Current Trends, *Polymers*, 2022, No. 14, pp. 1–29.
19. Batyrov V.A., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 3 (41), pp. 74–76. (In Russ.)
20. Hu J., Bai S., Zhao R., Chen G., Cai J., Effects of black geotextile mulch and grass mulch on the microclimate, fruit quality and anthocyanin components of Xinyu table grape, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2022, pp. 1–18.
21. Revenko V.Ju., Macola N.A., Agafonov O.M., *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk*, 2018, pp. 118–124. (In Russ.)
22. Jakimova O.V., Laz'ko V.Je., *Aktual'nye voprosy biologii, selekcii, tehnologii vozdelyvanija i pererabotki sel'skohozjajstvennyh kul'tur* (Current issues of biology, selection, technology of cultivation and processing of agricultural crops), Proceedings of the Conference Title, Krasnodar, 2021, pp. 278–283. (In Russ.)
23. Rozmetov K.S., *Molodoj uchenyj*, 2011, No. 5 (28), pp. 266–268. (In Russ.)
24. *Pat. № 2758108 Rossijskaja Federacija*, MPK A01G13/02 C09K17/52. Mul'chirujushhaja kompozicija, sposob ee poluchenija i sootvetstvujushhie primenenija, Kemppajnen R., Tiilikkala K.; zajavitel' i patentoobladatel' LUONNONVARAKESKUS, № 2019118782: zajavl. 07.12.2017: opubl. 26.10.2021., Bjul. № 30, 10 p. (In Russ.)
25. Falguera V., Quintero C. J., Jiménez A., Muñoz A., Ibarz A., Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use, *Trends in Food Science Technology*, 2011, No. 22 (6), pp. 292–303.
26. Suhag R., Kumar N., Trajkovska Petkoska A., Upadhyay A., Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review, *Food Research International*, 2020, No. 136, pp. 109582–109718.
27. Jayaraj J.J., Chandrasekaran Dr.M., Venkatesan S.P., Sriram V., Britto J., Govindaraj M., Durairaj R.B., Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review, *Trends in Food Science Technology*, 2020, No. 100, pp. 210–222.
28. Menossi M., Cisneros M., Alvarez V.A., Casalongué C., Current and emerging biodegradable mulch films-based on polysaccharide bio-composites. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 2021, pp. 41–53.
29. Malinconico M., Cerruti P., Santagata G., Immirzi B., Natural Polymers and Additives in Commodity and Specialty Applications: A Challenge for the Chemistry of Future, *Macromolecular Symposia*, 2014, No. 337, pp. 124–133.
30. Chaffa T.Y., Meshesha B.T., Mohammed S.A., Jabasingh S., Production, characterization, and optimization of starch-based biodegradable bioplastic from waste potato (Solanum tuberosum) peel with the reinforcement of false banana (Ensete ventricosum) fiber, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2022, pp. 1–13.

31. Halley P., Rutgers R., Coombs S., Kettels J., Gralton J., Christie G., Jenkins M., Beh H., Griffin K., Jayasekara R., Lonergan G., Developing Biodegradable Mulch Films from Starch-Based Polymers, *Starch – Starke*, 2001, No. 53, pp. 362–367.
32. Menossi M., Salcedo M., Capiel J. [et al.], Effect of starch initial moisture on thermoplastic starch film properties and its performance as agricultural mulch film, *Journal of Polymer Research*, 2022, No. 29, pp. 2114–2137.
33. *Patent US20201407 57A1*, IPC C09K17/52. Cellulose derived hydrophobic, bio-degradable films for mulch other applications, Sabornie C.; applicants RAYONIER PERFORMANCE FIBERS LLC, No. US16/178944A: Appl. 02.12.2018; Publ. 07.05.2020, pp. 11.
34. Zhang M., Xue Y., Jin T., Zhang K., Li Z., Sun C., Mi Q., Li Q., Effect of Long-Term Biodegradable Film Mulch on Soil Physicochemical and Microbial Properties, *Toxics*, 2022, No. 10, pp. 129–139.
35. Sun Zh., Ning R., Qin M., Liang J., Jiang J., Sun W., Liu X., Zi M., Sustainable and hydrophobic polysaccharide-based mulch film with thermally stable and ultraviolet resistance performance, *Carbohydrate Polymers*, 2022, No. 295, pp. 119865–120160.
36. Merino D., Gutiérrez1 T.J., Alvarez V.A., Potential Agricultural Mulch Films Based on Native and Phosphorylated Corn Starch With and Without Surface Functionalization with Chitosan, *Journal of Polymers and the Environment*, 2019, No. 27, pp. 97–105.
37. Zhang M., Chen H., Development and characterization of starch sodium alginate-montmorillonite biodegradable antibacterial films, *International Journal of Biological Macromolecules*, 2023, No. 233, pp.123462–123695.
38. Sirivechphongkul K., Chiarasumran N., Saisriyoot M., Thanapimmetha A., Srinophakun P., Iamsaard K., Lin Y.T., Agri-Biodegradable Mulch Films Derived from Lignin in Empty Fruit Bunches, *Catalysts*, 2022, No. 12, pp. 1150–1162.
39. *Pat. № CN109679299A*, Kitaj, MPK A01G13/02; C08J5/18; C08K13/02; C08K3/28; C08K3/32; C08K5/20; C08K5/21; C08K5/47; C08L23/06; C08L23/08; C08L23/12; C08L23/30; C08L67/02; C08L91/06., Fully biodegradable plastic film with controllable induction period and preparation method thereof, Zhen Zhichao, Ji Junhui, Feng Wutong [et al.]; zajavitel' i patentoobladatel' TECHNICAL INST PHYSICS & CHEMISTRY CAS, № CN201811405444A: zajavl. 23.11.2018: opubl. 26.04.2019., 2 p. (In Russ.)
40. *Pat. № 2786367 Rossijskaja Federacija*, MPK C08L7/00, C08L101/16, C08L67/04, D04H13/00. Biorazlagaemyj funkcional'nyj material sel'skohozjajstvennogo naznachenija, Tertyshnaja Ju.V, Mihajlov I.A.; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Rossijskij jekonomicheskij universitet imeni G. V. Plehanova», № 2022107212: zajavl. 18.03.2022; opubl. 20.12.2022, 6 p. (In Russ.)
41. *Pat. № CN108690333A*, Kitaj, MPK A01G13/02; B32B27/06; B32B27/08; B32B27/18; B32B27/36; B32B33/00; C08J5/18; C08K13/02; C08K3/22; C08K3/30; C08K3/34; C08K5/09; C08K5/20; C08L67/02; C08L69/00, High-barrier biodegradable mulch film and preparation method thereof, Zhang Chunhua; Shen Kunliang; Feng Aihua; zajavitel' i patentoobladatel' NANTONG HUASHENG POLYMER TECH CO LTD, № CN201810311830A: zajavl. 09.04.2018; opubl. 23.10.2018., 2 p. (In Russ.)
42. Wang X., Pan H., Jia S., Lu Z., Han L., Zhang H., Mechanical properties, thermal behavior, miscibility and light stability of the poly(butyleneadipate co terephthalate)/poly(propylene carbonate)/polylactide mulch films, *Polymer Bulletin*, 2023, No. 80, pp. 2485–2501.
43. Zhang Sh., Zhou Ji., Gao X., Zhang H., Preparation of eco-friendly cryogel absorbent/paper mulch composite with cellulose/ZnCl2 gel as adhesive, *Industrial Crops and Products*, 2022, No. 177, pp. 114477–114477.
44. Li C., Moore-Kucera J., Lee J., Corbin A., Brodhagen M., Miles C., Inglis D., Effects of Biodegradable Mulch on Soil Quality, *Applied Soil Ecology*, 2014, No. 79, pp. 59–69.
45. Zhang X., You S., Tian Y., Li J., Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality, *Scientia Horticulturae*, 2019, No. 249, pp. 38–48.
46. Sękara A., Pokluda R., Cozzolino E., Piano L., Cuciniello A., Caruso G., Plant growth, yield, and fruit quality of tomato affected by biodegradable and non-degradable mulches, *Horticultural Science (HORTSCI)*, 2019, No. 46, pp. 138–145.
47. Shan X., Zhang C., Dai Z., Li J., Mao W., Yu F., Ma J., Wang S., Zeng X., Comparative Analysis of the Effects of Plastic Mulch Films on Soil Nutrient, Yields and Soil Microbiome in Three Vegetable Fields, *Agronomy*, 2022, No. 12 (2), pp. 56–68.

48. Abduwaiti A., Liu X., Yan Ch., Xue, Yi., Jin T., Wu H., He P., Bao Zh., Liu Q., Testing Biodegradable Films as Alternatives to Plastic-Film Mulching for Enhancing the Yield and Economic Benefits of Processed Tomato in Xinjiang Region, *Sustainability*, 2021, No. 13, pp. 3097–4010.
49. Li M., Zhang Q., Wei S., Liu Z., Zong R., Jin T., Zhang M., Sun C., Li Q., Biodegradable film mulching promotes better soil quality and increases summer maize grain yield in North China Plain, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2022, No. 69 (3), pp. 1–17.
50. Siwek P., Domagała-Świątkiewicz I., Kalisz A., The influence of degradable polymer mulches on soil properties and cucumber yeld, *Agrochimica-Pisa*, 2015, No. 59 (2), pp. 108–123.
51. Mo A., Zhang Y., Gao W. [et al.], Environmental fate and impacts of biodegradable plastics in agricultural soil ecosystems, *Applied Soil Ecology*, 2023, No. 181 (part B), pp. 104667–104848.
52. Avella M., Pace E.D., Immirzi B., Impallomeni G., Malinconico M., Santagata G., Addition of glycerol plasticizer to seaweeds derived alginates: Influence of microstructure on chemical–physical properties, *Carbohydrate Polymers*, 2007, No. 69, pp. 503–511.
53. Mormile P., Petti L., Rippa M., Immirzi B., Malinconico M., Santagata G., Monitoring of the degradation dynamics of agricultural films by IR thermography, *Polymer Degradation and Stability*, 2007, No. 92 (5), pp. 777–784.
54. Kay B.L., Evans R.A., Young J.A., Soaking procedures and hydro-seeder damage to common bermudagrass seeds, *Agronomy journal*, 1977, No. 69, pp. 555–557.
55. Wallace A., Anionic Polyacrylamide Treatment of Soil Improves Seedling Emergence and Growth, *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 1987, No. 22 (5), pp. 951.
56. Malik M., Amrhein C. Letey J., Polyacrylamide to Improve Water Flow and Salt Removal in a High Shrink-Swell Soil, *Soil Science Society of America Journal*, 1991, No. 55 (6), pp. 55.
57. Zhang J.P., Yang Z., Hou J.Q., Xi B.D., Li M., Wei Y.F., Chen W.M., Yang T.X., Integrated quantitative bibliometric and in-depth qualitative content analysis of global biodegradable liquid mulching film research: Progress, hotspots and prospect, 2022, pp. 35.
58. Schettini E., Vox G., De Lucia B., Effects of the radiometric properties of innovative biodegradable mulching materials on snapdragon cultivation, *Science Hortic-Amsterd*, 2007, No. 112 (4), pp. 456–461.
59. Malinconico M., Immirzi B., Santagata G. [et al.], An overview on innovative biodegradable materials for agricultural applications, *Progress in Polymer Degradation and Stability Research*, Italy: Nova Science Publishers, 2008, pp. 69–114.
60. Thimma Reddy T., Tammishetti S., Free radical degradation of guar gum, *Polymer Degradation and Stability*, 2004, pp. 455–459.
61. Vox G., Teitel M., Pardossi A., Minuto A., Tinivella F., Schettini E., Sustainable greenhouse systems, *Sustainable Agriculture: Technology, Planning and Management*, 2010, pp. 1–79.
62. Chen L., Dai R., Shan Z., Chen H., Fabrication and characterization of one high-hygroscopicity liquid starch-based mulching materials for facilitating the growth of plant, *Carbohydrate Polymers*, 2020, No. 15, pp. 218–231.
63. Chiellini E., Patrizia Cinelli P., Federica Chiellini F., H. Imam H.S., Environmentally Degradable Bio-Based Polymeric Blends and Composites, *Macromolecular Bioscience*, 2004, No. 15, pp. 218–231.
64. Li W., Chen Y., Zhang S., Hydrolysis of abandoned bovine hair by pulping spent liquor and preparation of degradable keratin-based sprayable mulch film, *Bioresources*, 2020, No. 15, pp. 5058–5071.
65. Vaicekauskaite J., Ostrauskaite J., Treinyte J., Grazuleviciene V., Bridziuviene D., Rainosalo E., Biodegradable Linseed Oil-Based Cross-Linked Polymer Composites Filled with Industrial Waste Materials for Mulching Coatings, *Journal of Polymers and the Environment*, 2019, No. 27, pp. 395–404.
66. Briassoulis D., Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions, *Polymer Degradation and Stability*, 2006, pp. 1256–1272.
67. Scarascia - Mugnozza G., Schettini E., Vox G., Effects of Solar Radiation on the Radiometric Properties of Biodegradable Films for Agricultural Applications, *Biosystems Engineering*, 2004, pp. 479–487.
68. Ghosh K., Jones B., Roadmap to Biodegradable Plastics — Current State and Research Needs, *ACS Sustainable Chemistry Engineering*, 2021, No. 9, pp. 6170–6187.
69. López-Marin J., Romero Muñoz M., Gálvez A., Del Amor F., Zapata M., Carmen., Brotons Martínez, J.M., The Use of Hydromulching as an Alternative to Plastic Films in an Artichoke (Cynara Cardunculus cv. Symphony) Crop: A Study of the Economic Viability, *Sustainability*, 2021, No. 13, pp. 5313–5326.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-112-120
УДК 630*181.8: 582.931.4

ТЕМПЫ РОСТА И СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ СОРТОВ СИРЕНИ (*SYRINGA* L.) В РЕГИОНАХ С РАЗЛИЧНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

[1] **Н.В. Полякова**, кандидат биологических наук

[2] **С.А. Шумихин**, кандидат биологических наук, доцент

[3] **Т.Н. Шакина**, кандидат биологических наук

[1]Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

[2]Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

[3]Учебно-научный центр «Ботанический сад» Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

E-mail: barhan93@yandex.ru

***Ключевые слова*:** *Syringa*, сорт, сезонное развитие, рост вегетативных побегов, Уфа, Пермь, Саратов.

Реферат *Сирень в настоящее время пользуется заслуженной популярностью в ландшафтном дизайне благодаря своей высокой декоративности во время цветения, неприхотливости и устойчивости. Однако в зависимости от климатических условий выращивания сирень может проявлять особенности роста и фенологического развития. Цель данной работы – определить закономерности сезонного развития и темпов роста некоторых сортов сирени обыкновенной в ботанических садах трех регионов: Республика Башкортостан, Пермский край и Саратовская область. Работа проводилась на протяжении трех лет (2020–2022 гг.) на базе коллекций сирени в ботанических садах Уфы, Перми и Саратова. Объекты исследований – 5 сортов, культивируемых во всех трех ботанических садах (Красавица Москвы, Салават Юлаев, Mme Lemoine, Sensation, Katherine Havemeyer), а также 2 сорта (Нафиса и Гульназира), общих для ботанических садов Уфы и Перми. Установлено, что первые фазы вегетации (разверзание почек и начало роста вегетативных побегов) у 7 исследованных сортов сирени обыкновенной в Перми, Уфе и Саратове начинаются довольно дружно в каждом регионе и в целом зависят от средней температуры воздуха и суммы осадков. Начиная с фазы цветения превалирует значение генетических особенностей сорта, что подтверждают близкие даты начала фаз цветения, окончания цветения и роста вегетативных побегов независимо от места исследования. Величина ежегодного прироста вегетативных побегов, вероятно, имеет более сложную зависимость, определяемую не только конкретными погодными условиями, но и целым комплексом других факторов, в частности, почвенными условиями, микроклиматом, используемыми приемами и уровнем агротехники культивирования образцов.*

GROWTH RATES AND SEASONAL DEVELOPMENT OF SOME VARIETIES OF LILAC (*SYRINGA* L.) IN REGIONS WITH DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS

[1] **N.V. Polyakova,** PhD in Biological Sciences

[2] **S.A. Shumikhin,** PhD in Biological Sciences, Associate Professor

[3] **T.N. Shakina,** PhD in Biological Sciences

[1]South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

[2]Perm State National Research University, Perm, Russia

[3]Educational and Scientific Center "Botanical Garden" of the Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russia

E-mail: barhan93@yandex.ru

Keywords: *Syringa*, variety, seasonal development, growth of vegetative shoots, Ufa, Perm, Saratov.

Abstract. *Lilac enjoys popularity in landscape design due to its high decorative value during flowering, unpretentiousness, and sustainability. However, depending on the climatic conditions of cultivation, lilacs may exhibit growth and phenological development peculiarities. This work aims to determine the patterns of seasonal*

development and growth rates of some varieties of common lilac in botanical gardens of three regions: the Republic of Bashkortostan, Perm Territory, and Saratov Region. The work was carried out over three years (2020–2022) based on lilac collections in the botanical gardens of Ufa, Perm, and Saratov. The objects of research are five varieties cultivated in all three botanical gardens (Beauty of Moscow, Salavat Yulaev, Mme Lemoine, Sensation, Katherine Havemeyer), as well as two varieties (Nafisa and Gulnazira) common to the botanical gardens of Ufa and Perm. It has been established that the initial phases of the growing season (bud dehiscence and the beginning of growth of vegetative shoots) in the seven studied varieties of common lilac in Perm, Ufa, and Saratov begin relatively uniformly in each region and generally depend on the average air temperature and the amount of precipitation. The importance of the genetic characteristics of the variety prevails starting from the flowering phase, which is confirmed by the close dates of the beginning of the flowering stages, the end of flowering, and the growth of vegetative shoots, regardless of the place of study. The annual growth of vegetative shoots probably has a more complex relationship, determined not only by specific weather conditions but also by a range of other factors, particularly soil conditions, microclimate, techniques used, and the level of agricultural technology for cultivating samples.

Сирень (*Syringa* L.) – один из наиболее популярных и неприхотливых декоративных кустарников. Сортовое разнообразие этой культуры в настоящее время составляет более 2500 сортов [1]. Виды и сорта сирени имеют чрезвычайно широкую географию культивирования – от арктического до субтропического пояса земного шара [2–6].

Несмотря на высокую экологическую пластичность, представители рода сирень проявляют особенности роста и развития в зависимости от климатических условий произрастания. К примеру, во влажном муссонном климате Приморья сирень обыкновенная (*S. vulgaris* L.) часто поражается грибковыми заболеваниями и находится в угнетенном состоянии, тогда как дальневосточный вид сирень широколистная (*S. oblata* Lindl.) в данных условиях является высокоустойчивым и более жизнеспособным [7].

В зоне умеренного континентального климата сирень может иметь различия в сроках прохождения фенологических фаз, темпах роста, зимостойкости и продолжительности цветения. К примеру, в условиях средней тайги (г. Сыктывкар) рост вегетативных побегов сирени обыкновенной продолжается около 90 дней [8], тогда как на Южном Урале (г. Уфа) – в пределах 40 дней [9].

Цель данной работы – изучить закономерности фенологического развития и темпов роста некоторых сортов сирени обыкновенной в ботанических садах трех регионов: Республика Башкортостан, Пермский край и Саратовская область.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе коллекций сирени Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра РАН (ЮУБСИ, г. Уфа), Ботанического сада им. А.Г. Генкеля ПГНИУ (г. Пермь) и Учебно-научного центра «Ботанический сад» СГУ (г. Саратов) на протяжении трех лет (2020–2022 гг.).

Основные характеристики климата Республики Башкортостан – умеренная континентальность, длительный зимний период и жаркое лето. Наблюдаются частые поздние весенние и ранние осенние заморозки. Зимой часто бывают оттепели, которые отрицательно сказываются на состоянии даже зимостойких растений. Средняя температура января от –12,4°С до –14,5°С, минимум зафиксирован на отметке – 48,5°С. Высота снегового покрова в среднем достигает 80 см. В июле средняя температура составляет +19,5°С, абсолютная максимальная температура зафиксирована на уровне +37,5°С. Длительность безморозного периода в среднем 144 дня. Количество осадков в теплый период составляет около 350 мм, среднегодовое – до 590 мм, максимум приходится на июнь–июль [10]. На территории Ботанического сада распространены серые лесные почвы, которые образуются на элювиально-делювиальных карбонатных отложениях, характеризуются глинистым и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом и малым содержанием гумуса [11].

Климат города Перми характеризуется континентальностью [12]. Безморозный период длится в среднем 115 дней. Самый теплый

месяц в году – июль со средней температурой воздуха +16,8 °С. Длительность вегетационного периода (с температурой выше +5°С) колеблется от 145 до 165 дней. Годовое количество осадков составляет 592 мм, из них 350–500 мм выпадает в теплый период года. Максимум осадков приходится на июль и август (80 и 74 мм соответственно). Образование устойчивого снежного покрова происходит в конце октября–начале ноября. Средняя продолжительность залегания снежного покрова – 169 дней, средняя высота 61 см. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит к концу апреля. Среднегодовая скорость ветра составляет 3 м/с. Преобладающие направления ветра – южное, юго-западное и западное. Почвы на территории сада искусственного происхождения, легкие, супесчаные, с высоким содержанием гумуса.

Климат Саратова – умеренно континентальный, с холодной зимой и сухим жарким летом. Главная его особенность – частая повторяемость засух и ветров-суховеев. Безморозный период длится в среднем 162 дня (с колебаниями по годам от 151 до 180 дней) [13]. Сумма температур выше +10°С составляет 2200 °С. Самый теплый месяц в году – июль со средней температурой воздуха +22,7°С. По средним многолетним данным, наибольшее количество осадков за вегетационный период выпадает в июне – июле (соответственно 46 и 48 мм). Климат правобережья, где расположен УНЦ «Ботанический сад» СГУ, менее континентален по отношению к районам левобережья. Ботанический сад находится в городской черте, где почвообразующие породы представлены опоками, песчаниками, диатомитами, известняками, мергелями и аллювиальными отложениями (суглинки, глины, пески, галечник) рек Волжского района, а преобладающими почвами являются черноземы южные глинистые и черноземы обыкновенные глинистые с низким содержанием азота [14].

Объектами исследований явились сорта сирени обыкновенной (*S. vulgaris* L.), культивируемые во всех трех ботанических садах: Красавица Москвы, Салават Юлаев, Mme Lemoine, Sensation, Katherine Havemeyer, а также сорта Нафиса и Гульназира, общие для ботанических садов Уфы и Перми (табл. 1). Годовые приросты измеряли на 10 побегах каждого куста в фазе окончания их роста, когда на них закладываются верхушечные почки и рост прекращается. Фенологические наблюдения проводили согласно существующим методикам [15] по 9 основным фенологическим фазам: разверзание почек, начало роста побегов, начало цветения, окончание цветения, окончание роста побегов, начало одревеснения побегов, полное одревеснение побегов, начало созревания плодов, начало листопада.

Таблица 1

Возрастные и морфологические параметры исследованных сортов сирени обыкновенной
Age and morphological parameters of the studied varieties of common lilac

Сорт	Пермь			Уфа			Саратов		
	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр кроны, м	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр кроны, м	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр кроны, м
Красавица Москвы	11	3,8	2,2	19	3,0	2,0	12	1,4	0,7
Салават Юлаев	10	2,1	1,3	19	2,0	1,8	12	1,7	0,9
Нафиса	11	3,5	1,9	19	2,0	1,0	-	-	-
Гульназира	11	2,3	1,8	19	3,0	1,5	-	-	-
Mme Lemoine	20	2,5	2,0	52	3,0	2,5	12	1,4	0,7
Sensation	15	3,2	2,4	19	2,5	2,0	8	1,8	1,7
Katherine Havemeyer	20	2,8	2,2	12	1,6	0,8	8	1,2	1,1

Данные по температуре воздуха и осадкам получены посредством интернет-ресурса [16].

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета анализа Microsoft Excel и статистических программ Statistica 6.0; Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Литературные данные свидетельствуют о том, что особенности роста и развития интродуцированных видов *Syringa* обусловлены динамикой экологических факторов, в основном температурой воздуха, осадками и солнечной радиацией [9, 17–19]. Согласно полученным данным о среднемесячных показателях температуры воздуха и суммы осадков в период роста вегетативных побегов и цветения сирени в трех регионах исследований (табл. 2), можно распределить регионы по степени повышения среднемесячной температуры воздуха следующим образом: Пермь – Уфа – Саратов. В отношении количества осадков такую градацию провести затруднительно, поскольку четкой закономерности их распределения в изученный период в местах проведения исследований не наблюдалось. Так, в 2021 г. в Саратове сумма осадков с апреля по июнь оказалась выше, чем в двух других регионах, а в 2022 г. осадков в Уфе было больше, чем в Перми.

Таблица 2

Среднемесячные данные по средней температуре воздуха и сумме осадков в период роста побегов и цветения сирени в Перми, Уфе и Саратове (2020–2022 гг.)
Average monthly data on average air temperature and precipitation during the period of shoot growth and lilac flowering in Perm, Ufa, and Saratov (2020–2022)

Регион	2020 г.			2021 г.			2022 г.		
	апрель	май	июнь	апрель	май	июнь	апрель	май	июнь
Пермь	4,2 / 42	13,0 / 75	14,0 / 89	5,4 / 40	16,3 / 23	18,8 / 65	5,0 / 43	9,4 / 65	14,7 / 69
Уфа	6,0 / 57	14,1 / 27	14,0 / 37	7,4 / 26	18,5 / 9	20,7 / 20	7,8 / 63	10,9 / 69	16,4 / 132
Саратов	7,7 / 32	14,9 / 49	20,2 / 80	9,0 / 104	18,8 / 37	21,8 / 73	11,2 / 42	11,8 / 29	21,0 / 35

Примечание. В числителе – средняя температура воздуха, °С; в знаменателе – сумма осадков, мм.
precipitation, mm.

Анализ сезонного развития некоторых сортов сирени обыкновенной в трех регионах (табл. 3) показал, что первые фазы вегетации (разверзание почек и начало роста вегетативных побегов) начинаются довольно дружно в каждом регионе и зависят от температуры воздуха и суммы осадков: сначала раскрываются почки и начинают рост побеги у сирени в Саратове, затем – в Уфе, и после – в Перми.

Таблица 3

Средние даты наступления фенофаз у некоторых сортов сирени обыкновенной в условиях Перми, Уфы и Саратова (2020–2022 гг.)
Average dates of the onset of phenophases in some varieties of common lilac in the conditions of Perm, Ufa, and Saratov (2020–2022)

Сорт	Разверзание почек	Начало роста вегетативных побегов	Начало цветения	Окончание цветения	Окончание роста вегетативных побегов
1	2	3	4	5	6
Пермь					
Красавица Москвы	20.04	04.05	13.05	04.06	03.06
Салават Юлаев	20.04	04.05	13.05	03.06	29.05

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
Нафиса	20.04	04.05	13.05	29.05	28.05
Гульназира	20.04	04.05	14.05	30.05	29.05
Mme Lemoine	20.04	04.05	16.05	01.06	29.05
Sensation	20.04	04.05	14.05	03.06	29.05
Katherine Havemeyer	20.04	04.05	14.05	30.05	30.05
Уфа					
Красавица Москвы	16.04	01.05	12.05	30.05	28.05
Салават Юлаев	16.04	01.05	12.05	30.05	28.05
Нафиса	16.04	01.05	12.05	25.05	27.05
Гульназира	16.04	01.05	12.05	26.05	27.05
Mme Lemoine	16.04	01.05	15.05	28.05	28.05
Sensation	16.04	01.05	14.05	26.05	28.05
Katherine Havemeyer	16.04	01.05	12.05	25.05	28.05
Саратов					
Красавица Москвы	14.04	27.04	12.05	20.05	28.05
Салават Юлаев	14.04	27.04	12.05	22.05	28.05
Нафиса	-	-	-	-	-
Гульназира	-	-	-	-	-
Mme Lemoine	14.04	27.04	14.05	21.05	29.05
Sensation	14.04	29.04	12.05	22.05	30.05
Katherine Havemeyer	13.04	26.04	12.05	22.05	29.05

Фаза начала цветения сравнительно близка во всех трех регионах, что подтверждает литературные данные о зависимости этой фенофазы от генетических особенностей вида и культивара [9] (табл. 4). Как установлено ранее, продолжительность цветения сирени имеет прямую зависимость от температуры воздуха: чем выше температура в период цветения, тем быстрее оно заканчивается [9, 17]. Таким образом, минимальная продолжительность цветения изученных сортов сирени обыкновенной наблюдается в Саратове, а максимальная – в Перми (см. табл. 3). Наступление фазы окончания роста побегов также генетически обусловлено, поэтому во всех трех регионах оно близко по датам.

Таблица 4

Влияние генетических особенностей и фактора года (погодных условий) на прохождение фенологических фаз сирени
The influence of genetic characteristics and year factors (weather conditions) on the passage of phenological phases of lilac

Фенологическая фаза	Влияние генетических особенностей		Влияние фактора года	
	F	p	F	p
Начало вегетации	0,06	0,99	**643,1***	**<0,001**
Начало роста вегетативных побегов	0,3	0,97	**114,1**	**<0,001**
Начало цветения	**21,5**	**<0,001**	1,42	0,24
Окончание цветения	**33,6**	**<0,001**	0,45	0,77
Окончание роста вегетативных побегов	**7,9**	**<0,001**	1,87	0,13

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые показатели.
Note. Significant indicators are highlighted in bold.

Четкой зависимости величины приростов вегетативных побегов изученных сортов сирени обыкновенной от региона произрастания (табл. 5) проведенными сравнительными исследованиями не установлено. Вероятно, фаза окончания роста побегов у сирени также определяется генетически (см. табл. 4). Кроме того, на величину приростов могут, по-видимому, влиять и другие факторы: состав почв, конкретные погодные условия года, микроклимат, агротехника выращивания.

Таблица 5

Годовые приросты вегетативных побегов некоторых сортов сирени обыкновенной в условиях Перми, Уфы и Саратова (2020–2022 гг.), см

Annual growth of vegetative shoots of some varieties of common lilac in the conditions of Perm, Ufa and Saratov (2020–2022), cm

Сорт	Средний прирост вегетативных побегов, см		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Пермь			
Красавица Москвы	22,90±2,18	19,20±2,31	19,00±2,19
Салават Юлаев	27,70±4,96	20,20±2,29	26,70±3,98
Нафиса	24,90±2,22	14,60±1,91	19,70±1,79
Гульназира	23,30±2,54	19,90±1,63	22,50±2,73
Mme Lemoine	17,30±1,44	22,60±2,07	17,20±2,49
Sensation	27,90±2,46	28,20±2,59	30,00±2,41
Katherine Havemeyer	20,00±3,17	15,40±1,35	18,10±1,06
Уфа			
Красавица Москвы	20,40±9,20	16,00±4,00	18,70±4,04
Салават Юлаев	23,90±11,28	17,50±5,50	31,70±10,10
Нафиса	20,50±6,90	24,40±7,20	31,90±7,48
Гульназира	27,10±7,52	23,00±6,80	18,20±6,80
Mme Lemoine	39,40±7,80	29,80±8,16	33,20±9,76
Sensation	19,90±3,94	19,50±6,50	18,40±5,60
Katherine Havemeyer	40,40±6,12	13,20±6,48	23,20±11,04
Саратов			
Красавица Москвы	21,00±1,45	30,00±2,85	33,80±1,74
Салават Юлаев	21,30±1,78	21,10±1,30	27,60±1,77
Нафиса	-	-	-
Гульназира	-	-	-
Mme Lemoine	27,90±1,74	25,20±1,9	28,60±2,02
Sensation	31,10±1,72	34,20±2,79	38,20±1,25
Katherine Havemeyer	29,20±1,53	33,00±1,78	48,80±2,35

Так, в литературе имеются данные о влиянии количества осадков на динамику прироста побегов сортов сирени обыкновенной [20] и суммы положительных температур [21]. В наших исследованиях, вероятно, прослеживается влияние совокупности отмеченных выше факторов. Например, в Саратове почвы наиболее богаты гумусом, и это стимулирует отмеченные максимальные приросты за все годы наблюдений у сортов Красавица Москвы, Sensation и Katherine Havemeyer. А максимальные приросты у сорта Mme Lemoine в Уфе объясняются жизненным состоянием куста: он наиболее старый из всех исследованных и в предыдущие годы подвергался омолаживающей обрезке.

ВЫВОДЫ

1. Первыеи начало роста вегетативных побегов) у 7 исследованных сортов сирени обыкновенной в Перми, Уфе и Саратове начинаются довольно дружно в каждом регионе и в целом зависят от средней температуры воздуха и суммы осадков.

2. Начиная с фазы цветения превалирует значение генетических особенностей сорта, что подтверждают близкие даты начала фаз цветения, окончания цветения и роста вегетативных побегов независимо от географии места исследования.

3. Величина ежегодного прироста вегетативных побегов, вероятно, имеет более сложную зависимость, определяемую не только конкретными погодными условиями, но и целым комплексом других факторов, в частности, почвенными условиями, микроклиматом, используемыми приемами и уровнем агротехники культивирования образцов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 122033100041-9 ЮУБСИ УФИЦ РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Borzan Z., Holetich C.D.* Jorgovani. – Zagreb, 2015. – 411 p.
2. *Морозова Д.А., Василевская Н.В.* Палиноморфы Syringa josikaea при интродукции в арктическом климате // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2017. – № 1. – С. 175–183.
3. *Оценка* состояния зеленых насаждений в скверах Улан-Удэ / М.Я. Бессмольная, Э.Г. Имескенова, В.Ю. Татарникова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 4. – С. 7–17. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-7-17.
4. *Молканова О.И., Королева О.В., Крахмалева И.Л.* Концепция формирования коллекции представителей рода Syringa L. в культуре in vitro // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 9. –С. 30–34. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10906.
5. *Эколого-биологические* аспекты оценки древесных растений в озеленении Новосибирска / С.Х. Вышегуров, А.П. Беланова, Н.В. Пономаренко и др. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1. – С. 17–26. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-17-26.
6. *Солтани Г.А., Маляровская В.И., Кувайцев М.В.* Интродукция представителей рода Syringa L. в зону влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 73. – С. 79–89.
7. *Пшенникова Л.М.* Значение анатомического строения листа в селекции сиреней // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 5. – С. 534–542.
8. *Мартынов Л.Г.* Интродукция видов рода сирень (Syringa L.) в условиях ботанического сада подзоны средней тайги // Известия Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2013. – № 4 (16). – С. 25–31.
9. *Полякова Н.В., Путенихин В.П., Вафин Р.В.* Сирени в Башкирском Предуралье: интродукция и биологические особенности. – Уфа: Гилем, 2010. – 170 с.
10. *Кираев Р.С., Амирханов Д.В., Леонтьев И.П.* Башкортостан: климат, почвы, культуры, сорта. – Уфа, 2015. – С. 5–47.
11. *Почвы* Башкортостана / Ф.Х. Хазиев, А.Х. Мукатанов, И.К. Хабиров, Г.А. Кольцова. – Уфа: Гилем, 1995. – Т. 1. – 383 с.
12. *Мамаев С.А.* Основные итоги и важнейшие проблемы интродукции растений на Урале // Интродукция и акклиматизация декоративных растений. – Свердловск: УНЦ СССР. 1982. – С. 3–23.
13. *Пряхина С.И., Фридман Ю.Н., Васильева М.Ю.* Мониторинг климата Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2006. – Т. 6, Вып. 1. – С. 15–18. – DOI: 10.18500/1819-7663-2006-6-1-15-18.
14. *Гришин П.Н., Кравченко В.В., Болдырев В.А.* Почвы Саратовской области, их происхождение, состав и агрохимические свойства: учеб. пособие. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2011. – 176 с.

15. *Рекомендации* по унификации фенологических наблюдений в России / А.А. Минин, А.А. Ананин, Ю.А. Буйволов [и др.] // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2020. – Т. 5, № 4. – С. 89–110. – DOI: 10.24189/ncr.2020.060.
16. *Погода* и климат [Электронный ресурс]. – URL: http://pogodaiklimat.ru (дата обращения: 15.04.2023).
17. *Кищенко И.Т.* Сезонный рост побегов и листьев интродуцированных видов *Syringa* L. (Oleaceae Hoffmg. & Link.) в южной Карелии // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 3. – С. 24–34. – DOI: 10.17238/issn2227-6572.2016.3.24.
18. *Vincze E., Hunkár M., Dunkel Z.* Phenology of Lilac (Syringa vulgaris) and Elderberry (Sambucus nigra) as the Indicator of Spring Warming [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: https://www.researchgate.net/publication/258616360 (дата обращения: 15.04.2023).
19. *Lilac* and Honeysuckle Phenology Data 1956–2014 / A.H. Rosemartin, E.G. Denny, J.F. Weltzin [et al.] [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: http://www.nature.com/articles/sdata201538 (дата обращения: 15.04.2023).
20. *Оценка* роста и развития некоторых сортов *Syringa vulgaris* в условиях Среднего Урала / Е.А. Тишкина, Л.А. Семкина, О.Н. Орехова и др. // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 2. – С. 28–33.
21. *Назарова Н.М.* Изменчивость величины годичного прироста некоторых видов сирени при интродукции в условиях Оренбургского Предуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 10 (159). – С. 202–204.

REFERENCES

1. Borzan Z., Holetich C.D, *Jorgovani*, Zagreb, 2015, 411 p.
2. Morozova D.A., Vasilevskaya N.V., *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2017, No. 1, pp. 175–183. (In Russ.)
3. Bessmol'naya M.YA., Imeskenova E.G., Tatarnikova V.YU., Kisova S.V., Polomoshnova N.YU., Angapova N.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2018, No. 4, pp. 7–17. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-49-4-7-17. (In Russ.)
4. Molkanova O.I., Koroleva O.V., Krahmaleva I.L., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, Vol. 34, No. 9, pp. 30–34, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10906. (In Russ.)
5. Vyshegurov S.H., Belanova A.P., Ponomarenko N.V., Pal'chikova E.V., Ivanova N.V., Eremena A.A., Sergeeva A.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 1, pp. 17–26, DOI:10.31677/2072-6724-2021-58-1-17-26. (In Russ.)
6. Soltani G.A., Malyarovskaya V.I., Kuvajcev M.V., *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo,* 2020, No.73, pp. 79–89. (In Russ.)
7. Pshennikova L.M., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2021, Vol. 25, No. 5, pp. 534–542. (In Russ.)
8. Martynov L.G., *Izvestiya Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN*, 2013, No. 4 (16), pp. 25–31. (In Russ.)
9. Polyakova N.V., Putenihin V.P., Vafin R.V., *Sireni v Bashkirskom Predural'e: introdukciya i biologicheskie osobennosti* (Lilacs in the Bashkir Cis-Urals: introduction and biological features), Ufa: Guilem, 2010, 170 p.
10. Kiraev R.S., Amirhanov D.V., Leont'ev I.P., *Bashkortostan: klimat, pochvy, kul'tury, sorta* (Bashkortostan: climate, soils, crops, varieties), Ufa, 2015, pp. 5–47.
11. Haziev F.H., Mukatanov A.H., Habirov I.K., Kol'cova G.A., *Pochvy Bashkortostana* (Soils of Bashkortostan), Ufa: Guilem, 1995, Vol. 1, 383 p.
12. Mamaev S.A., *Introdukciya i akklimatizaciya dekorativnyh rastenij*, Sverdlovsk: UNC SSSR, 1982, pp. 3–23. (In Russ.)
13. Pryahina S.I., Fridman YU.N., Vasil'eva M.YU., *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle*, 2006, Vol. 6. (1), pp. 15–18, DOI: 10.18500/1819-7663-2006-6-1-15-18. (In Russ.)
14. Grishin P.N., Kravchenko V.V., Boldyrev V.A., *Pochvy Saratovskoj oblasti, ih proiskhozhdenie, sostav i agrohimicheskie svojstva.* (Soils of the Saratov region, their origin, composition and agrochemical properties), Saratov: izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 2011, 176 p. (In Russ.)
15. Minin A.A., Ananin A.A., Bujvolov YU.A. [et al.], *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka*, 2020, Vol. 5, No. 4, pp. 89–110, DOI: 10.24189/ncr.2020.060. (In Russ.)

16. *Pogoda i klimat*: http://pogodaiklimat.ru (date of the application 15.04.2023).
17. Kishchenko I.T., *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2016, No. 3, pp. 24–34, DOI: 10.17238/issn2227-6572.2016.3.24. (In Russ.)
18. Vincze E., Hunkár M., Dunkel Z., *Phenology of Lilac (Syringa vulgaris) and Elderberry (Sambucus nigra) as the Indicator of Spring Warming*, 2012: https://www.researchgate.net/publication/258616360 (date of the application: 15.04.2023).
19. Rosemartin A.H., Denny E.G., Weltzin J.F. [et al.], *Lilac and Honeysuckle Phenology Data 1956–2014*, 2015: http://www.nature.com/articles/sdata201538 (date of the application: 15.04.2023).
20. Tishkina E.A., Semkina L.A., Orekhova O.N., Grigor'ev A.A., Suslov A.V., *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2022, No. 2, pp. 28–33. (In Russ.)
21. Nazarova N.M., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013, No. 10 (159), pp. 202–204. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-121-129
УДК 633.111«321»:631.524

СОЗДАНИЕ АДАПТИВНЫХ К УСЛОВИЯМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИТОПЛАЗМЫ ДРУГИХ ВИДОВ

[1]**Н.А. Поползухина**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

[2]**Н.Г. Мазепа**

[2]**П.В. Поползухин,** кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

[2]**Н.А. Якунина,** кандидат сельскохозяйственных наук

[1] *Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия*

[2] *Омский аграрный научный центр, Омск, Россия*

E-mail: popolzuxinana@mail.ru

Ключевые слова: урожайность, качество зерна, адаптивность, аллоцитоплазматические гибриды, пшеница.

Реферат. *Создание адаптивных сортов яровой мягкой пшеницы со стабильно высокой урожайностью высококачественного зерна является первостепенной задачей для обеспечения продовольственной безопасности регионов ее возделывания. Применение межвидовых и внутривидовых скрещиваний для решения этих задач подтверждает их эффективность. Цель исследований заключалась в создании адаптивных к условиям Сибири и Казахстана сортов яровой мягкой пшеницы на основе использования цитоплазмы других видов. Объект исследований – аллоцитоплазматические гибриды, аллолинии и сорта яровой мягкой пшеницы Мелодия и Волошинка. Создание и оценку материала проводили в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» (бывший ГНУ СибНИИСХ) на всех этапах селекционного процесса, включая предварительное и экологическое испытания в опорном пункте СибНИИСХ «Степной», а также в ТОО им. Пушкина (Республика Казахстан) в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. На основе многократного отбора, селекционной проработки выделенных образцов были выявлены источники хозяйственно-ценных признаков. Линии Г 125/00 (сорт Мелодия) и Г 140/00 (сорт Волошинка) после успешного государственного сортоиспытания были включены в государственные реестры охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений России и Казахстана, а также внедрены в сельскохозяйственное производство.*

CREATION OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES ADAPTIVE TO THE CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA AND NORTHERN KAZAKHSTAN USING CYTOPLASM OF OTHER SPECIES

[1] **N.A. Pololzukhina,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor

[2] **N.G. Mazepa**

[2] **P.V. Pololzukhin,** PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher

[2] **N.A. Yakunina,** PhD in Agricultural Sciences

[1] *Omsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypin, Omsk, Russia*

[2] *Omsk Agrarian Research Center, Omsk, Russia*

Email: popolzuxinana@mail.ru.

***Keywords*:** yield, grain quality, adaptability, allocytoplasmatic hybrids, t/ha hybrids, wheat.

Abstract. *The creation of various varieties of spring soft wheat with a consistently high yield of high-quality grain is the primary protection for ensuring food security where it is cultivated. Using interspecific and intraspecific solutions to solve these problems ensures their effectiveness. The purpose of the study was to adapt a variety of spring soft wheat to the conditions of Siberia and Kazakhstan based on the use of cytoplasms of other species. The object of the study is allocytoplasmic hybrids, allolinias, and varieties of spring soft wheat Melodiya and Voloshinka. Creation and evaluation of material at the Federal State Budgetary Institution "Omsk Agrarian Research Center" (formerly State Scientific Institution Siberian Research Institute of Agriculture) at all stages of the selection process, preliminary inclusions, and environmental tests in the supporting institution of the Sib*

Scientific Research Institute of Agriculture "Stepnoy," as well as in LLP. Pushkin (Republic of Kazakhstan) by the methodology of the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops. Based on multiple selection and selective processing, the selected samples were identified based on economically valuable traits. Lines G 125/00 (sorting Melodiya) and G 140/00 (sorting Voloshinka), after receiving state variety testing, were included in the State registers of protected and approved for use selection achievements of Russia and Kazakhstan, as well as an introduction into agricultural production.

Первые научные данные, подтверждающие роль цитоплазмы в наследственной изменчивости, были получены в 1909 г. К. Корренсом и Э. Бауэром на высших растениях [1]. В 1950–60-е гг. при изучении низших растений (грибы, водоросли), а также при проведении исследований на молекулярном уровне [2–4] стало очевидно, что в органеллах цитоплазмы – пластидах и митохондриях есть собственные относительно автономные генетические и белоксинтезирующие системы. На основании этого встал вопрос о роли ядра и цитоплазмы в жизнедеятельности организмов. Если первоначальные представления Геккеля (1886) [цит. по: 5] сводились к тому, что ядро является «по преимуществу органом наследственности, а плазма – органом приспособления», то исследования М.Е. Лобашова [6] привели его к пониманию, что ядро – «орган хранения наследственности, цитоплазма – орган осуществления наследственности». Таким образом, возникло предположение о существовании двух типов наследственности – хромосомной и нехромосомной (цитоплазматической), а также двух типов генов. Обе системы (хромосомная и нехромосомная) равноценны, действуют во взаимосвязи, а плазмогены оказывают и модифицирующее действие на признаки, контролируемые ядерными генами.

А.Н. Палилова и Р.Т. Протасевич [7] на серии аллоплазматических линий, содержащих геном сорта Penjamo 62 и цитоплазму диких родичей пшеницы, пришли к выводу, что приспособительные признаки растений контролируются как ядерными, так и цитоплазматическими факторами. Вследствие этого при селекции на такие признаки, как устойчивость к действию неблагоприятных абиотических и биотических факторов, важно выбирать исходный материал, оценивая не только геном этих растений, но и цитоплазматический фон. Поиск цитоплазм, благоприятных для экспрессии ядерных генов, и создание на их основе гибридов с геномом сортов, приспособленных к конкретным условиям произрастания, стало важной задачей адаптивной селекции растений [8–10].

Именно в этом направлении в 1992 г. были начаты исследования под руководством Н.А. Калашника [11], суть которых заключалась в выявлении эффектов генома и генов цитоплазмы на хозяйственно-ценные признаки пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Конечная цель исследований заключалась в создании адаптивных к условиям Западной Сибири и Северного Казахстана сортов яровой мягкой пшеницы на основе использования цитоплазмы других видов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходным материалом при создании новых форм яровой мягкой пшеницы, которые впоследствии стали новыми сортами, послужили 13 линий, отобранных в 1996–1997 гг. из гибридных популяций F_2 и F_3 (табл. 1). Для получения первой серии аллоплазматических линий Н.А. Калашником и М.Е. Мухордовой были проведены скрещивания между сортом Белорусская 12 (донор ядра) и дикими родичами пшеницы (доноры цитоплазмы): *Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl., *T. dicicoides* Korn var. *spontaneonigrum*, *Aegilops comosa* Sibth et Sm, *Ae. tauschii* Coss. = *Ae. squarrosa* L. var *tipica*, *Ae. cylindrica* Host var. *tipica*, *Ae. ventricosa* Touch var. *vulgaris* Eig, *Ae. variabilis* Eig var. *intermedia* Eig et Tein, *Ae. yuvenalis* (Thell) Eig. Этот цикл исследований проводили в 1992–1994 гг. Для получения второй серии аллоцитоплазматических линий были использованы сорта местной селекции Омская 18, Омская 19 и Лютесценс 232 (доноры ядра), в качестве доноров цитоплазмы были взяты ранее полученные аллоцитоплазматические линии. В последующем (1998 - 2000 гг.) были изучены 36 реципрокных гибридов F_1, полученных от скрещивания девяти аллоплазматических линий и двух сортов – Алтайская 92 (Лютесценс 4029 х Новосибирская 67) и Лютесценс 6747 [(Краснодарская 39 х Тургидум) х ([(Краснодарская 39 х [Алмаз)] [11].

Таблица 1

Селекционные линии и их происхождение
Selection of lines and their affiliation

Селекционная линия	Происхождение
Г 125/00	*Омская 19 (Ae. cylindrica) х Лютесценс 6747*
Г 124/00	Лютесценс 232 (*T. dicoccum*) х Лютесценс 6747
Г 127/00	Омская 19 (*Ae. cylindrica*) х Лютесценс 6747
Г 131/00	Лютесценс 6747 х Лютесценс 232 (*T. dicoccum*)
Г 134/00	Лютесценс 6747 х Омская 19 (*T. dicoccum*)
Г 136/00	Лютесценс 232 (*T. dicoccum*) х Лютесценс 6747
Г 141/00	Белорусская 12 (*Ae. comosa*) х Алтайская 92
Г 142/00	Белорусская 12 (*Ae. comosa*) х Алтайская 92
Г 711/01	Лютесценс 6747 х Лютесценс 232 (*Ae. comosa*)
Г 128/00	Лютесценс 6747 х Лютесценс 232 (*T. dicoccum*)
Г 130/00	Лютесценс 6747 х Омская 19 (*T. dicoccum*)
Г 140/00	Лютесценс 6747 х Омская 19 (*T. dicoccum*)
Г 720/01	Лютесценс 6747 х Лютесценс 232 (*T. dicoccum*)

В 1996–1997 гг. было проведено размножение гибридов F_2 и F_3. В 1997 г. из гибридных популяций F_3 было отобрано 380 элитных растений, которые в 1998 г. изучали в селекционном питомнике второго года (СП-2). В 1999–2000 гг. отобранные 148 линий оценивали в контрольном питомнике (КП). Конкурсное сортоиспытание (КСИ) 13 выделившихся линий было организовано в 2001–2003 гг. на опытных полях СибНИИСХ и на опорном пункте «Степной». С 2004 по 2011 г. продолжалось дальнейшее испытание лучших линий.

Площадь делянок в СП-2 составила 3 м^2, в КП – 10 м^2, в КСИ – 15 м^2. Повторность опытов трех- или четырехкратная. Предшественники – пар и зерновые культуры.

Агротехника – общепринятая для зоны южной лесостепи Западной Сибири. В лаборатории иммунитета СибНИИСХ (ныне ФГБНУ Омский АНЦ) оценивали сорта на поражаемость болезнями, в лаборатории качества – на технологические свойства зерна. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [12].

Гидротермические условия вегетационного периода в период селекционного изучения линий (2001–2011 гг.) были достаточно контрастными. Так, засушливостью характеризовались 2003 и 2010 гг. (ГТК 0,56; 0,51), условиями, близкими к нормальному увлажнению, – 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 гг. (ГТК 0,72–1,10), избыточно увлажненными были 2001, 2009 гг. (ГТК 1,44–1,67).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первый этап исследований (1992–1994 гг.) показал, что полученные аллоплазматические линии достоверно отличались по хозяйственно-ценным признакам, и отличия эти (как в сторону усиления, так и ослабления) были обусловлены цитоплазмой видов диких родичей пшеницы *Triticum* и *Aegilops*. Оценка доли влияния ядра и цитоплазмы в общей изменчивости признаков показала, что изменчивость длины стебля, озерненности колоса и массы 1000 зерен определяется в большей степени геномом сорта (соответственно 94,7; 53,5; 73,8%), а продуктивной кустистости и продуктивности колоса – генами цитоплазмы (соответственно 62,8 и 51,0%). Было выявлено, кроме того, что установившиеся корреляционные взаимосвязи между признаками у исходных форм при беккроссировании разрушаются, что является следствием взаимодействия генов цитоплазмы диких родичей пшеницы с геномами сортов местной селекции [11].

Селекционная оценка выделившихся аллоцитоплазматических линий в конкурсном сортоиспытании по продолжительности вегетационного периода, проведенная в 2001–2003 гг., позволила установить, что изучаемые линии представлены тремя группами спелости: среднеранней (одна линия), среднеспелой (8) и среднепоздней (4). Продолжительность вегетационного периода среднеранней линии Г 125/00 изменялась в зависимости от условий вегетации от 79,7 до 81,7, среднеспелых – от 85,0 до 87,0, среднепоздних – от 88,0 до 89,3 суток.

Оценка по устойчивости линий к основным заболеваниям выявила следующее. Устойчивость их, как и стандартов, к бурой ржавчине оказалась довольно низкой, к слабовосприимчивым были отнесены лишь Г 711/01 и Г 720/01.

Устойчивостью к мучнистой росе характеризовались линии Г 142/00 (с устойчивостью 4–6 баллов), Г 130/00 (5–6 баллов), Г 140/00 (6–7 баллов). Все изученные линии, за исключением Г 127/00, характеризовались высокой устойчивостью или слабой восприимчивостью к пыльной головне. К слабовосприимчивым к поражению твердой головней были отнесены Г 711/00, Г 1282/300, Г 130/00, Г 720/01 (степень поражения колебалась от 13,30 до 17,71 %).

Комплексным показателем адаптивности является урожайность зерна культуры. Оценка этого показателя у линий была проведена в период с 2001 по 2003 г. в двух экологических зонах: южной лесостепи (поля СибНИИСХ) и в степной зоне (поля ОП «Степной») по предшественникам «пар» и «зерновые» (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерна аллоцитоплазматических линий в экологическом сортоиспытании (средняя за 2001–2003 гг.), т/га
Grain yield of allocytoplasmatic lines in ecological variety testing (average for 2001–2003), t/ha

Сорт, линия	СибНИИСХ, пар		СибНИИСХ, зерновые		ОП «Степной», пар	
	урожайность	± к стандарту	урожайность	± к стандарту	урожайность	± к стандарту
Памяти Азиева (стандарт)	2,42	-	2,56	-	2,36	-
Г 125/00	2,74	0,32	2,49	-0,07	2,63	0,33
Омская 29 (стандарт)	2,63	-	2,32	-	2,35	-
Г 124/00	2,66	0,03	2,39	0,07	2,27	- 0,06
Г 127/00	2,66	0,03	2,31	-0,01	2,48	0,15
Г 131/00	2,93*	-0,27	2,99*	0,45	-	
Г 134/00	3,34	0,71	3,38	1,06	2,55	0,20
Г 136/00	2,80*	-0,28	2,75	0,21	-	
Г 141/00	2,88*	-0,25	2,62	0,08	-	
Г 142/00	2,79	0,16	2,84	0,52	2,35	0,00
Г 711/01	2,89	0,26	2,06	0,03	-	
Омская 18 (стандарт)	2,46	-	2,50	-	2,27	
Г 128/00	2,67	0,21	2,62	0,12	2,45	0,18
Г 130/00	2,71	0,25	3,04	0,54	2,26	- 0,01
Г 140/00	3,15	0,69	3,31	0,81	2,98	0,71
Г 719/00	3,23*	0,29	-	-	-	
Г 720/01	2,78	0,32	2,14	0,05	2,23	-0,04
Среднее по сортам	2,81		2,64		2,44	
$НСР_{05}$	0,20		0,21		0,14	

*В среднем за 2 года.

Как показали исследования, наиболее высокий уровень урожайности у изученных линий и сортов был отмечен при посеве их по пару, в среднем за годы изучения этот показатель составил 2,81 т/га. При посеве по предшественнику «зерновые» урожайность составила 2,64 т/га, а в условиях степной зоны – 2,44 т/га. При посеве по пару достоверная прибавка урожайности отмечалась для восьми, по зерновому предшественнику и в степной зоне – для пяти линий. Наибольшего внимания заслуживали линии Г 134/00 и Г 140/00, которые дали высокозначимые достоверные прибавки урожайности зерна при посеве как в зоне южной лесостепи по предшественникам «пар» и «зерновые», так и в степной зоне при посеве по пару.

Наиболее благоприятные условия сложились в условиях 2001 г., когда средняя урожайность по всем изученным линиям составила 3,94 т/га при посеве в южной лесостепи по пару, 3,91 – по зерновым, 2,68 т/га – при испытании в степной зоне. Наибольшей прибавкой урожайности во всех опытах характеризовались среднеспелая линия Г 134/00, а также среднепоздняя Г 140/00.

Меньшую урожайность зерна сформировали изученные линии в условиях 2002 г. При посеве по пару в южной лесостепи она составила 2,51 т/га, по зерновым – 2,39, в степной зоне – 2,61 т/га. Подтвердили свои преимущества среднеспелая линия Г 134/00 (прибавка к стандарту варьировала от 0,28 до 0,94 т/га) и среднепоздние Г 140/00 (прибавка от 0,52 до 1,01 т/га) и Г 720/01 (прибавка от 0,38 до 0,58 т/га).

В острозасушливых условиях 2003 г. посев пшеницы по пару обеспечил урожайность 1,67 т/га, по зерновому предшественнику – 2,00 в степи – 2,10 т/га. Максимальную прибавку урожайности зерна над стандартами обеспечили среднеранняя линия Г 125/00 (от 0,30 до 0,39 т/га), среднеспелая Г 134/0409 (от 0,70 до 0,93 т/га) и среднепоздняя Г 140/00 (от 0,69 до 0,76 т/га).

Оценка селекционных линий по комплексу хозяйственно-ценных признаков (урожайность и качество зерна, устойчивость к полеганию, засухе и основным заболеваниям) позволила выделить перспективные для селекции яровой мягкой пшеницы в регионе, а именно: среднеспелую Г 134/00, характеризующуюся стабильно формируемой высокой урожайностью зерна и слабой восприимчивостью к пыльной головне; среднераннюю Г 125/00, превышающую стандарт по урожайности зерна, устойчивую к полеганию, дающую зерно высокого качества; среднепоздннюю Г 140/00, устойчивую к засухе, поражению мучнистой росой и пыльной головней, с высокой урожайностью зерна.

Для использования в селекционных программах были рекомендованы линии, являющиеся источниками селекционно значимых признаков: Г 711/01 и Г 720/01, устойчивые к бурой ржавчине и мучнистой росе; Г 130/00 – не поражающаяся мучнистой росой и твердой головней; Г 142/00, устойчивая к мучнистой росе; Г 124/00, Г 131/00, Г 136/00 и Г 142/00 – к пыльной головне; Г 128/00 – к твердой головне. Линии Г 131/00 и Г 128/00 характеризовались засухоустойчивостью. Как источники высоких хлебопекарных свойств зерна были рекомендованы Г 127/00, Г 141/00 и Г 128/00.

На основе полученных результатов было принято решение о дальнейшем испытании, размножении и передаче на государственное сортоиспытание линий Г 125/00 и Г 140/00.

Сорт Мелодия (Г 125/00) был передан на государственное сортоиспытание в 2010 г. и включен в 2013 г. в Государственный реестр охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений Российской Федерации [13,14], а в 2016 г. – в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Республике Казахстан [15].

В среднем за годы изучения в предварительном сортоиспытании отдела семеноводства СибНИИСХ (2008 – 2010 гг.) сорт Мелодия превзошел стандарт по урожайности зерна на 0,49 т/га, районированный сорт Светланка – на 0,33 т/га, что было обусловлено повышенной озерненностью колоса (32,6 шт.). По длине вегетационного периода (87суток) он был отнесен к среднеспелой группе. Его отличала высокая устойчивость к полеганию и слабая поражаемость пыльной головнёй (0 – 4 балла). По качеству зерна сорт Мелодия был близок сортам Омская 29 и Светланка и характеризовался следующими показателями: масса 1000 зерен – 35,2 г, натура – 757 г/л, стекловидность – 51%, содержание белка – 15,5%, объемный

выход хлеба – 848 мл, общая хлебопекарная оценка – 4,1 балла.

Результаты испытания сорта в отделе семеноводства СибНИИСХоз в период с 2008 по 2010 г. представлены в табл. 3.

Таблица 3

Урожайность зерна сорта Мелодия в зависимости от предшественника (средняя за 2008–2010 гг.), т/га
Grain yield of Melodiya varieties depending on the predecessor (average for 2008–2010), t/ha

Предшественник	Омская 29, стандарт	Мелодия	Прибавка к стандарту	$НСР_{0,5}$
Пар	2,56	3,72	1,16	0,34
Зерновые (2-я культура после пара)	1,91	2,77	0,86	0,40
Среднее по сортам	2,24	3,25	1,01	0,32

При посеве по пару в среднем за годы изучения новый сорт превзошел стандарт на 1,16 т/га при урожайности зерна 3,72 т/га. При посеве второй культурой после пара его урожайность составила 2,77 т/га, что на 0,86 т/га выше стандарта.

Исследования по изучению показателей адаптивности возделываемых сортов сельскохозяйственных культур остаются достаточно актуальными [16,17]. Результаты изучения сорта Мелодия в экологическом сортоиспытании при посеве его одновременно в г. Омске и п. Шортанды (Казахстан) выявили его высокую пластичность и стабильность по урожайности зерна, что было подтверждено показателями пластичности bi и стабильности σ [18].

Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия получил широкое распространение. Площадь посева по состоянию на 2021 г. в Омской области (по данным Минсельхоза) составила 59,53 тыс. га. Возделывается он и в Республике Казахстан.

Сорт Волошинка (Г 140/00) прошел государственное сортоиспытание в 2013 – 2014 гг. В 2015 г. он был включен в Государственный реестр охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений Российской Федерации [19, 20].

По результатам предварительного испытания в 2009 - 2011 гг. сорт превосходил стандарт по урожайности зерна на 0,32 т/га, что было обусловлено лучшей продуктивной кустистостью (1,3), большим количеством зерен в колосе (32,6 шт.) и массой 1000 зерен (38,2 г). Он характеризовался устойчивостью либо слабым поражением в отдельные годы пыльной головней (0 – 4,0%), в меньшей степени поражался бурой ржавчиной (60%, стандарт – 80%). Сорт Волошинка несколько уступал Омской 35 по устойчивости к полеганию (4,3 балла, у стандарта – 4,7 балла), что было обусловлено большей высотой растений. Зерно характеризовалось лучшей натурой, по стекловидности и содержанию белка было близко к стандарту, но несколько уступало по хлебопекарным свойствам.

Проведенные ранее исследования [21] выявили высокую экологическую стабильность и пластичность этого сорта. При испытании на опорном пункте «Степной» (зона степи) в 2002 – 2004 гг. новый сорт сформировал урожайность 2,71 т/га, превысив стандарт на 0,46 т/га. Изучение сорта в ТОО Пушкинское Есильского района Северо-Казахстанской области в 2009 – 2012 гг. также подтвердило его преимущества. Прибавка урожайности зерна составила 0,75 т/га, а средняя урожайность за годы изучения – 3,03 т/га.

В 2013 – 2014 гг. сорт Волошинка проходил государственное сортоиспытание. В среднем за два года испытаний на Москаленском ГСУ Омской области (южная лесостепь) при посеве по пару 23 мая он превзошел стандарт на 0,4 т/га. На уровне стандарта сорт поражался бурой ржавчиной, но был устойчив к пыльной головне. На Щербакульском ГСУ (степь) сорт Волошинка испытывался по двум предшественникам – по пару и яровой пшенице при посеве 22 мая. В среднем за два года его урожайность составила 3,58 т/га, или была на 0,16 т/га выше, чем у стандарта. При посеве по яровой пшенице урожайность сорта была равна 1,75 т/га (прибавка 0,13 т/га). Здесь он

также подтвердил свою устойчивость к пыльной головне. При испытании на Черлакском ГСУ сорт Волошинка обеспечил урожайность 2,84 т/га (прибавка 0,34 т/га). Испытание нового сорта на Казанском ГСУ Акмолинской области показало, что сорт устойчив к осыпанию, отличается высокой устойчивостью к полеганию, превосходя сорт-стандарт Омская 35. Засухоустойчивость, как и у стандарта, составляет 4 балла. В среднем за два года испытаний при посеве по пару урожайность сорта Волошинка составила 1,98 т/га (прибавка 0,28 т/га), по предшественнику «зерновые» – 1,48 т/га (прибавка 0,12 т/га). При испытании на Щучинском ГСУ сорт показал высокую устойчивость к осыпанию и полеганию, поражению пыльной головней. Отмечалось незначительное поражение сорта бурой ржавчиной – 0,3% (стандарт – 0,2%), засухоустойчивость оценивалась 4 баллами. В среднем за годы исследований при посеве по пару сорт Волошинка сформировал урожайность 1,48 т/га (прибавка 0,13 т/га), по предшественнику «зерновые» – 1,17 т/га, превзойдя стандарт Омская 35 на 0,31 т/га.

Сорт Волошинка возделывается в Омской области на площади около120 га (по данным Минсельхоза на 1 мая 2021 г.).

ВЫВОДЫ

1. На основе многократного отбора, селекционной проработки аллолиний, полученных от скрещивания с дикими видами пшеницы *Triticum и Aegilops*, были выявлены источники хозяйственно-ценных признаков: линии Г 711/01 и Г 720/01, устойчивые к бурой ржавчине и мучнистой росе; Г 130/00, не поражающиеся мучнистой росой и твердой головней; Г 142/00, устойчивая к мучнистой росе; Г 124/00, Г 131/00, Г 136/00 и Г 142/00 – к пыльной головне; Г 128/00 – к твердой головне. Линии Г 131/00 и Г 128/00 характеризовались засухоустойчивостью. Как источники высоких хлебопекарных свойств зерна были рекомендованы Г 127/00, Г 141/00 и Г 128/00.

2. Две линии – Г 125/00 (сорт Мелодия) и Г140/00 (сорт Волошинка) были переданы на государственное сортоиспытание и после успешного его прохождения включены в государственные реестры охраняемых и допущенных к использованию селекционных достижений России и Казахстана, а также внедрены в сельскохозяйственное производство.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сэджер Р.* Цитоплазматические гены и органеллы. – М.: Мир, 1975. – 424 с.
2. *Джинкс Дж.* Нехромосомная наследственность. – М.: Мир, 1967. – 288 с.
3. *Палилова А.Н.* Нехромосомная наследственность. – Минск: Наука и техника, 1981. – 184 с.
4. *Давыденко О.Г.* Роль цитоплазматической изменчивости в эволюции и селекции растений // Цитология и генетика. – 1989. – № 23 (24). – С. 66–76.
5. *Федин М.А.* О гетерозисе пшеницы. – М.: Колос,1970. – 240 с.
6. *Лобашев М.Е.* Генетика: учебник, 2-е изд. – Л.: ЛГУ, 1967. – 752 с.
7. *Палилова А.Н., Протасевич Р.Т.* Изменчивость морфо–анатомических признаков листа у серии аллоплазматических линий с геномом Ptnjamo 62 // Использование изогенных линий в селекционно–генетических экспериментах: тез. докл. 1 Всесоюз. совещ. (Новосибирск, 27–29 марта 1990 г.). – Новосибирск, 1990. – С. 23–24.
8. *Кротова Л.А.* Цитоплазматическая наследственность в формировании количественных признаков у мутантно–сортовых гибридов яровой пшеницы. – М.: Научная жизнь. – 2012. – № 3. – С. 63–70.
9. *Кротова Л.А.* Влияние цитоплазматической наследственности на продуктивность колоса мутантно–сортовых гибридов яровой мягкой пшеницы // Вестник Саратовского гоударственного саграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 7. – С. 9–11.
10. *Подольских А.Н.* Цитоплазматическая наследственность риса // Рисоводство. – 2016. – № 3–4. – С. 32–33.
11. *Калашник Н.А., Поползухина Н.А., Михальцова М.Е.* Цитоплазматическая изменчивость пшеницы в селекции на адаптивность: монография. – Омск, 2005. – 91 с.
12. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов). – М.: Колос, 1985. – 332 с.

13. *Патент* на селекционное достижение № 6766. Российская Федерация. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия / Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник [и др.]. – 2013.
14. *Авторское* свидетельство на селекционное достижение № 55966. Российская Федерация. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия / Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник Н.А. [и др.]. – 2013.
15. *Патент* на селекционное достижение № 688. Республика Казахстан. Сорт яровой мягкой пшеницы Мелодия / Гайдар А.А., Зверовская Т.С., Калашник Н.А. [и др.]. – 2016.
16. *Адаптивность* и экологическая устойчивость сортов твердой пшеницы в условиях Оренбургской области / А.А. Новикова, О.С. Гречишкина, А.А. Емельянова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 10. – С. 3–37.
17. *Юсова О.А., Николаев П.Н.* Адаптивность новых сортов ярового ячменя омской селекции // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 8. – С. 20–24.
18. *Адаптивные* сорта и агротехнологии яровой мягкой пшеницы для Сибири и Казахстана / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, А.А. Гайдар [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – №: 3(39). – С. 34–43.
19. *Патент* на селекционное достижение №7733. Российская Федерация. Сорт яровой мягкой пшеницы Волошинка / Калашник Н.А., Козленко Н.П., Ковтуненко А.Н. [и др.]. – 2015.
20. *Авторское* свидетельство на селекционное достижение № 60853. Российская Федерация. Сорт яровой мягкой пшеницы Волошинка / Калашник Н.А., Козленко Н.П., Ковтуненко А.Н. [и др.]. – 2015.
21. *Адаптивный* сорт яровой мягкой пшеницы Волошинка / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, Н.П. Козленко, Н.Г. Мазепа // Омский научный вестник. – 2014. – №:1(128). – С. 76 – 78.

REFERENCES

1. Sager R., *Citoplazmaticheskie geny i organell* (Cytoplasmic genes and organelles), Moscow: Mir, 1975, 424 p.
2. Jinx J., *Nehromosomnaja nasledstvennost'* (Non-chromosomal heredity), Moscow: Mir, 1967, 288 p.
3. Palilova A.N., *Nehromosomnaja nasledstvennost'* (Non-chromosomal heredity), Minsk: Science and Technology, 1981, 184 p.
4. Davydenko O.G., *Citologija i genetika*, 1989, No. 23 (24), pp. 66–76. (In Russ.)
5. Fedin M.A., *O geterozise pshenicy* (About heterosis of wheat), Moscow: Kolos, 1970, 240 p.
6. Lobashev M.E., *Genetika* (Genetics), Leningrad: Leningrad State University, 1967, 752 p.
7. Palilova A.N., Protasevich R.T., *Ispol'zovanie izogennyh linij v selekcionno–geneticheskih jeksperimentah* (Use of isogenic lines in selection and genetic experiments), Proc. report 1 All-Union meeting, Novosibirsk, 1990, pp. 23–24. (In Russ.)
8. Krotova L.A., *Citoplazmaticheskaja nasledstvennost' v formirovanii kolichestvennyh priznakov u mutantno–sortovyh gibridov jarovoj pshenicy* (Cytoplasmic heredity in the formation of quantitative traits in mutant-varietal hybrids of spring wheat), Moscow: Scientific life, 2012, No. 3, pp. 63–70.
9. Krotova L.A., *Vestnik Saratovskogo goudarstvennogo sagrarnogo universiteta im. N.I. Vavilova*, 2011, No. 7, pp. 9–11. (In Russ.)
10. Podolskikh A.N., *Risovodstv*o, 2016, No. 3–4, pp. 32–33. (In Russ.)
11. Kalashnik N.A., Popolzukhina N.A., Mikhaltsova M.E., *Citoplazmaticheskaja izmenchivost' pshenicy v selekcii na adaptivnost'* (Cytoplasmic variability of wheat in selection for adaptability), Omsk, 2005, 91 p.
12. Armor B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov)* (Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of results)), Moscow: Kolos, 1985, 332 p.
13. *Patent for selection achievement* No. 6766. Russian Federation. Spring soft wheat variety Melodiya / Gaidar A.A., Zverovskaya T.S., Kalashnik [and others], 2013. (In Russ.)
14. *Copyright certificate for selection achievement* No. 55966. Russian Federation. Spring soft wheat variety Melodiya / Gaidar A.A., Zverovskaya T.S., Kalashnik N.A. [and etc.], 2013. (In Russ.)
15. *Patent for selection achievement* No. 688. Republic of Kazakhstan. Spring soft wheat variety Melodiya / Gaidar A.A., Zverovskaya T.S., Kalashnik N.A. [and etc.], 2016. (In Russ.)
16. Novikova A.A., Grechishkina O.S., Emelyanova A.A. [and others], *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2022, T. 36, No. 10, pp. 3–37. (In Russ.)
17. Yusova O.A., Nikolaev P.N., *Dostizhenija nauki i tehniki APK,* 2022, T. 36, No. 8, pp. 20–24. (In Russ.)

18. Pololzukhina N.A., Popolzukhin P.V., Gaidar A.A. [and others], *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 3 (39), pp. 34–43. (In Russ.)
19. *Patent for selection achievemen*t No. 7733. Russian Federation. Spring soft wheat variety Voloshinka / Kalashnik N.A., Kozlenko N.P., Kovtunenko A.N. [and etc.], 2015. (In Russ.)
20. *Copyright certificate for selection achievement* No. 60853. Russian Federation. Spring soft wheat variety Voloshinka / Kalashnik N.A., Kozlenko N.P., Kovtunenko A.N. [and etc.], 2015. (In Russ.)
21. Pololzukhina N.A., Pololzukhin P.V., Kozlenko N.P., Mazepa N.G., *Omskij nauchnyj vestnik*, 2014, No. 1 (128), pp. 76–78. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-130-139
УДК 633.2.03

ПРОДУКТИВНЫЕ ТРАВОСТОИ ПАСТБИЩНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. Прядильщикова, старший научный сотрудник

В.В. Вахрушева, кандидат сельскохозяйственных наук

О.О. Чернышева, лаборант-исследователь

Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного и лугопастбищного хозяйства им. А.С. Емельянова, с. Молочное Вологодской обл., Россия

[1] **E-mail:** lenka2305@mail.ru

***Ключевые слова*:** пастбище, Вологодская область, продуктивность, питательность, многолетние травы, кормопроизводство.

Реферат. *Научные исследования выполнены на опытном поле Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН, расположенном в д. Дитятьево Вологодской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеокультуренная. Пастбище является дешёвым и доступным источником корма для травоядных, оно решает проблемы выживания в кризисных экологических, экономических и нетипичных климатических условиях. Пастбищное содержание имеет значительную ценность для здоровья животных с возможностью потребления желаемых видов трав. В Российской Федерации пастбища занимают около 30% от площади земель сельскохозяйственных угодий, в Вологодской области – 13,3% (145,3 тыс. га). В статье описывается десятилетняя научно-исследовательская работа по вопросам создания пастбищ, сформированных на основе традиционных и малораспространённых многолетних трав. В составе пастбищных травостоев изучались злаковые травы (тимофеевка луговая Вологодская местная и Ленинградская 204, овсяница луговая Свердловская 37, фестулолиум Аллегро, райграс пастбищный ВИК-66, кострец безостый СибНИИСХоз-189, мятлик луговой Лимаги и Дар) и бобовые (козлятник восточный Кривич, лядвенец рогатый Солнышко, клевер луговой Кармин и Дымковский, клевер ползучий Белогорский и Луговик). Злаковые и бобово-злаковые травостои в среднем за 2011–2015 гг. обеспечили урожайность от 1,3 до 5,3 т/га, выход обменной энергии – 12,6–52,5 ГДж/га, содержание сырого протеина в пределах от 10,3 до 15,6 % в 1 кг сухого вещества; в 2017–2021 гг. эти показатели составили 2,3–8,4 т/га, 23,4–87,6 ГДж/га, 13,4–18,9 % соответственно.*

PRODUCTIVE GRASS STANDS OF PASTURE USE FOR CONDITIONS OF THE VOLOGDA REGION

E.N. Pryadilshchikova, Senior Researcher

V.V. Vakhrusheva, PhD in Agricultural Sciences

O.O. Chernysheva, Research Assistant

North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Economy named after. A.S. Emelyanova, Dairy, Russia

[1]**E-mail:** lenka2305@mail.ru

Keywords: pasture, Vologda region, productivity, nutritional value, perennial grasses, forage production

Abstract. *Scientific research was carried out on the experimental field of the North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, a separate division of the Voluntary Research Center of the Russian Academy of Sciences, located in the village of Dityatevo, Vologda Region. The soil of the experimental plot is soddy-podzolic and moderately cultivated. Pasture is a cheap and accessible food source for herbivores; it solves the problems of survival in crisis ecological, economic, and atypical climatic conditions. Pasture farming has significant animal health benefits, allowing them to consume desirable grass species. In the Russian Federation, pastures occupy about 30% of the area of agricultural land, and in the Vologda region, they occupy 13.3% (145.3 thousand hectares). The article describes ten years of research on the creation of pastures based on traditional and rare perennial grasses. In the composition of pasture grass stands, we studied cereal grasses (meadow timothy grass Vologda local and Leningradskaya 204, meadow fescue Sverdlovskaya 37, festulolium Allegro, perennial ryegrass VIK-66, awnless brome SibNIISKhoz-189, meadow bluegrass Limagi and Dar) and legumes (eastern goat's rue*

Krivich, Lyad crown horned Solnyshko, meadow clover Carmine and Dymkovsky, creeping clover Belogorsky and Lugovik). Cereal and legume-cereal grass stands on average for 2011–2015. provided yields from 1.3 to 5.3 t/ha, metabolic energy output – 12.6–52.5 GJ/ha, and crude protein content ranging from 10.3 to 15.6% per 1 kg of dry matter; in 2017–2021, these figures were 2.3–8.4 t/ha, 23.4–87.6 GJ/ha, 13.4–18.9%, respectively.

Одним из наиболее развитых регионов Европейского севера РФ считается Вологодская область. Основой её сельскохозяйственного производства является молочное животноводство. Для улучшения этого вида деятельности наряду с формированием высокопродуктивного поголовья скота необходима прочная кормовая база. В связи с этим обеспечение животноводства качественными энергетически полноценными кормами становится наиболее приоритетной задачей кормопроизводства [1].

В Вологодской области пастбища занимают чуть больше 13% (145,3 тыс. га) от площади земель сельскохозяйственных угодий. Корм, получаемый с пастбищ, является биологически полноценным в силу его высокой питательности и переваримости. Сеяные пастбища чаще всего состоят из смеси многолетних трав, которые смело можно назвать культурами больших возможностей благодаря многочисленным биологическим характеристикам, включая долголетие, высокую урожайность, устойчивость к избыточной влажности, низкие требования к плодородию почвы, высокую морозо- и холодоустойчивость, а также относительную технологическую лёгкость приготовления многих видов кормов для жвачных животных из растительного материала [2–8].

Пастбище как дешёвый и доступный источник корма для травоядных решает проблемы выживания в кризисных экологических, экономических и нетипичных климатических условиях, поэтому важно для создания кормовых травостоев всесторонне исследовать и внедрять в производство новые виды и сорта кормовых культур, адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям. Пастбищное содержание имеет значительную ценность для здоровья животных с возможностью потребления желаемых видов трав. По исследованиям многих учёных, в процессе использования пастбищных культур их видовой состав изменяется в зависимости от цикла отчуждения и вида трав, также было выявлено, что скашивание и выпас скота в течение пяти лет после посева оказывали неодинаковое влияние на состояние трав. Преимущество долголетних культурных пастбищ перед некультурными естественными состоит в том, что они дают возможность в 3–5 раз и более повысить их продуктивность, для чего необходимо применять различные технологические приемы (оптимальные сроки скашивания, регулярное внесение минеральных удобрений, поверхностное улучшение и др.) [9–15].

В условиях Нечерноземной зоны России основными злаковыми культурами являются овсяница луговая, тимофеевка луговая, фестулолиум, мятлик луговой, кострец безостый и др., из бобовых культур – клевер луговой, также применяются лядвенец рогатый и козлятник восточный.

Фестулолиум является малоизученной культурой для Вологодской области, но перспективной. Ее преимуществами являются высокая отавность, холодостойкость, питательная ценность. Фестулолиум в смеси с овсяницей луговой, мятликом луговым в первые несколько лет жизни будет занимать господствующее положение [16, 17]. Лядвенец рогатый не имеет широкого распространения, хотя характеризуется долговечностью, хорошей зимостойкостью, засухоустойчивостью, дает 2–3 полноценных укоса зеленой массы, переносит повышенную кислотность и вытаптывание животными, не вызывает тимпании [18]. Из-за малого долголетия клевера лугового среди многолетних бобовых трав распространение получил козлятник восточный с высокой биологической пластичностью, способностью к длительной вегетации, большой энергией почвообразования, высокой урожайностью и качеством продукции [19].

С момента возникновения пастбищного хозяйства объем научных исследований значительно расширился, что потребовало проведения многочисленных многолетних экспериментов, наблюдений, исследований, анализов и выводов, направленных на совершенствование методов ведения лугопастбищного хозяйства.

Целью наших исследований являлось создание пастбищных агрофитоценозов для получения экологически безопасной продукции в условиях Вологодской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой исследований, проводимых с 2011 по 2021 г. на опытном поле СЗНИИМЛПХ – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН, служит метод обобщения результатов и анализа научных трудов по вопросам разработки технологий формирования пастбищных агрофитоценозов. Исследования осуществляли на основании методических указаний ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса [20]. Данные по урожайности обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [21].

Опыты заложены в мае 2011 и 2017 гг., почва участка дерново-подзолистая, среднеокультуренная. Количество вариантов в опыте – 7 и 10, повторность трехкратная. Площадь делянки 11 м^2. Агрохимические показатели почвы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы опытного участка
Agrochemical indicators of the soil of the experimental plot

Годы исследований	Горизонт, см	pH_{KCl}	Органическое вещество, %	P_2O_5 (подвижный фосфор)	K_2O (обменный калий)
				мг/кг	
2011–2015	0–20	5,2	2,17	197	150
2017–2021	0–20	5,7	2,23	131	141

Уровни основных показателей характеристики почвы благоприятны для произрастания многолетних трав.

Осенью предшествующего посеву года проводилась зяблевая вспашка почвы, весной в год посева – культивация с боронованием. После культивации почву прикатывали, затем согласно схеме опыта вносили минеральные удобрения и высевали травосмеси с последующим прикатыванием.

Объект исследований – многолетние травы (табл. 2).

Таблица 2

Культуры и сорта многолетних трав, используемые в годы исследований
Crops and varieties of perennial grasses used during the years of research

Культура	Сорт	
	2011–2015 гг.	2017–2021 гг.
1	2	3
Тимофеевка луговая (*Phleum pratense*)	Вологодская местная	Ленинградская 204
Овсяница луговая (*Festuca pratensis*)	Свердловская 37	Свердловская 37
Фестулолиум (*Festulolium*)	-	Аллегро
Райграс пастбищный (*Lolium perenne*)	-	ВИК-66
Мятлик луговой (*Poa pratensis*)	-	Лимаги, Дар
Кострец безостый (*Bromus inermis*)	-	СибНИИСХоз-189
Козлятник восточный (*Galega orientalis*)	Кривич	-

Окончание табл. 2

1	2	3
Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*)	Солнышко	-
Клевер луговой (*Trifolium pratense*)	Кармин	Дымковский
Клевер ползучий (*Trifolium repens*)	Белогорский	Луговик

Климат Вологодской области умеренно континентальный с относительно теплым и коротким летом и сравнительно продолжительной, холодной, но мягкой зимой. Вегетационный период в Вологде длится примерно 130 дней, на большей части территории сумма температур выше 10°С составляет 1550–1650° С, а на юго-западе до 1700–1750°С. Среднемесячная температура воздуха самого теплого месяца – июля колеблется от 16,6 до 17,3°С, на поверхности почвы – около 19–21°С. Регион расположен в зоне избыточного увлажнения. Количество осадков за период активной вегетации всех культур, т.е. со второго мая по первую декаду сентября, составляет 250–270 мм.

В настоящее время для количественной характеристики степени увлажнения используются различные показатели, индексы, коэффициенты. Так, Г.Т. Селянинов для характеристики увлажненности использовал гидротермический коэффициент (ГТК) – условный показатель, отражающий баланс влаги, связанный с тепловыми ресурсами региона. Данные по тепло- и влагообеспеченности территории Вологодской области, выраженные через ГТК, за вегетационный период в годы исследований представлены на рисунке.

ГТК за вегетационный период 2011–2021 гг. (кроме 2016 г.)

State Customs Committee for the growing season 2011–2021 (except 2016)

Умеренно влажным и теплым оказался 2013 г. Из-за повышенного температурного режима и недостаточной влагообеспеченности в 2014 г. был получен низкий урожай сухой массы, к четвертому циклу использования травостой вообще не сформировался. Первая половина вегетационного периода 2020 г. характеризовались отличной тепло- и умеренной влагообеспеченностью, но резкие перепады температуры, неравномерное количество осадков замедлили

рост и развитие растений, температурный режим июля–августа также значительно колебался от прохладного до жаркого с грозовыми дождями. Остальные годы исследований, хотя и присутствовали те или иные незначительные климатические отклонения, можно характеризовать как близкие к норме для места проведения исследований, учитывая, что Вологодская область – это зона рискованного земледелия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования с 2011 по 2015 г. послужили основой для разработки ресурсосберегающей технологии создания пастбищных агрофитоценозов на основе видов бобовых трав в условиях Европейского Севера РФ. В составе пастбищных травостоев изучали тимофеевку луговую Вологодская местная, овсяницу луговую Свердловская, козлятник восточный Кривич, лядвенец рогатый Солнышко, клевер луговой Кармин и клевер ползучий Белогорский. За контрольный вариант была принята, как более распространенная в регионе, бобово-злаковая травосмесь, в которую входили овсяница луговая, тимофеевка луговая, клевер белый, клевер луговой.

Урожайность – один из основных результирующих показателей сельскохозяйственного производства. Основное влияние на неё оказывают погодные условия. При определении урожая злаковых и бобово-злаковых травостоев в среднем за 4 года по циклам использования установлено наибольшее поступление сухой массы в первом (около 45%) и во втором циклах использования (27%).

Статистически существенная прибавка урожайности сухого вещества (СВ) была получена у злаковой травосмеси при внесении $N_{120}P_{60}K_{90}$, сухая масса составляла 5,3 т/га (табл. 3).

Таблица 3

Продуктивность и питательность травостоев в зависимости от видового состава (среднее за 2012–2015 гг.)
Productivity and nutritional value of grass stands depending on species composition (average for 2012–2015)

Вариант	Сухая масса, т/га	Переваримый протеин, т/га	ОЭ, ГДж	Содержание в 1 кг СВ			
				сырой протеин, %	сырая клетчатка, %	сырой жир, %	ОЭ, МДж
1.Овсяница +тимофеевка	1,3	0,1	12,6	10,3	24,4	3,7	9,8
2.Овсяница+тимофеевка, $N_{120}P_{60}K_{90}$	5,3	0,7	52,5	14,8	24,6	4,2	9,8
3.Овсяница+тимофеевка+ клевер белый+клевер луговой (контроль)	3,0	0,3	29,7	13,6	22,3	3,8	10,0
4.Овсяница+тимофеевка+ клевер луговой+ козлятник	3,6	0,4	35,8	15,6	22,7	3,8	10,1
5.Овсяница+тимофеевка+ козлятник	3,5	0,4	34,3	14,6	23,1	3,6	10,1
6.Овсяница+тимофеевка+ клевер луговой+лядвенец	3,2	0,3	31,6	14,1	23,0	3,9	10,0
7.Овсяница +тимофеевка +лядвенец	3,2	0,3	32,1	14,0	22,8	4,0	10,1
$НСР_{05}$ 1,9 т/га СМ							

Анализ продуктивности и питательности травостоев показал, что продуктивные показатели смешанных посевов в основном определялись биологическими особенностями включаемых культур и условиями для их роста, а питательная ценность бобового травостоя зависела от его растительного состава, злакового – от количества внесенных минеральных азотных удобрений.

Злаковый травостой с использованием минеральных удобрений практически в 2 раза превосходил контрольный вариант по содержанию переваримого протеина (0,7 т/га), при этом обеспеченность корма им достигалась в

основном благодаря внесению азотных удобрений.

В среднем за годы исследований среди изучаемых бобово-злаковых травостоев по показателям продуктивности выделилась травосмесь, состоящая из двух злаковых (овсяницы луговой и тимофеевки луговой) и двух бобовых (козлятника восточного и клевера лугового). Она обеспечила получение 3,6 т/га сухой массы, 0,4 т/га переваримого протеина и выход обменной энергии 35,8 ГДж. Наибольшее содержание сырого протеина (15,6%) и переваримого протеина (0,4 т/га) отмечено в варианте с двумя бобовыми (козлятник восточный и клевер луговой) и злаковыми (овсяница луговая и тимофеевка луговая). На содержание протеина в бобово-злаковых травосмесях оказывало влияние присутствие бобового компонента.

Содержание жира по вариантам опыта находилось в пределах 3,6–4,2%, причём максимальное количество отмечено в варианте со злаковыми травами на минеральном фоне.

Обеспечить выход корма, соответствующего потребностям животных в питательных веществах, смогли все изучаемые агрофитоценозы. Концентрация обменной энергии колебалась в пределах 10,0–10,1 МДж/кг, сырого протеина – 13,6–15,6%.

В последние десятилетия распространение получает фестулолиум. Для более широкого внедрения его в производство требуется научная разработка приёмов возделывания этой культуры, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев, поэтому с 2017 по 2021 г. изучалось влияние видов и сортов многолетних злаковых трав на формирование пастбищных агрофитоценозов с участием фестулолиума для разработки ресурсосберегающей технологии их создания. Агрофитоценозы пастбищного использования конструировались из фестулолиума Аллегро, райграса пастбищного ВИК-66, тимофеевки луговой Ленинградская 204, овсяницы луговой Свердловская 37, костреца безостого СибНИИСХоз-189, мятлика лугового Лимаги и Дар, клевера лугового Дымковский, клевера белого Луговик. За контроль в опыте принята чаще встречаемая в области злаковая травосмесь, состоящая из овсяницы луговой, тимофеевки луговой, мятлика лугового (табл. 4).

Таблица 4

Продуктивность и питательность травостоев в зависимости от видового состава (среднее за 2018–2021 гг.)
Productivity and nutritional value of grass stands depending on species composition (average for 2018–2021)

Вариант	Сбор, т/га		ОЭ, ГДж	Содержание в 1 кг СВ, %			ОЭ, МДж
	сухая масса	переваримый протеин		сырой протеин	сырая клетчатка	сырой жир	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Овсяница + тимофеевка + мятлик (без удобрений)	2,3	0,2	23,4	13,4	23,5	3,0	9,9
2.Овсяница + тимофеевка + мятлик (контроль), $N_{120}P_{60}K_{90}$	6,4	0,8	63,8	16,9	24,2	3,5	10,0
3.Райграс + овсяница + тимофеевка + мятлик, $N1_{20}P_{60}K_{90}$	6,1	0,7	61,0	16,8	24,2	3,3	10,0
4.Фестулолиум + овсяница + тимофеевка + мятлик, $N_{120}P_{60}K_{90}$	6,7	0,8	67,7	16,4	23,5	3,3	10,1
5.Фестулолиум + райграс + овсяница + тимофеевка + мятлик, $N_{120}P_{60}K_{90}$	6,4	0,8	63,8	17,2	23,2	3,3	10,1
6.Фестулолиум+райграс+ овсяница + тимофеевка + мятлик Лимаги, $N_{120}P_{60}K_{90}$	7,2	0,8	72,0	16,6	23,3	3,5	10,1
7.Райграс + овсяница + тимофеевка + клевер луговой+ кострец, $N_{45}P_{60}K_{90}$	6,6	0,7	66,9	15,8	21,7	3,4	10,2

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8
8.Фестулолиум+овсяница + тимофеевка + клевер луговой + кострец, $N_{45}P_{60}K_{90}$	7,0	0,8	71,6	15,5	21,6	3,3	10,2
9.Фестулолиум + овсяница + тимофеевка + мятлик + клевер луговой + клевер ползучий, $N_{45}P_{60}K_{90}$	8,4	1,1	87,6	18,7	21,0	3,4	10,4
10.Райграс + овсяница + тимофеевка + мятлик + клевер луговой + клевер ползучий, $N_{45}P_{60}K_{90}$	8,2	1,1	84,8	18,9	20,8	3,2	10,4
$НСР_{05}$ 0,57 т/га СВ							

В травостоях из многолетних злаковых трав наиболее часто доминирующими видами были фестулолиум, райграс, а при их отсутствии, как в контрольном варианте, овсяница луговая. Тимофеевка луговая не является сильным конкурентом в смешанных посевах, но при этом она дает хорошую возможность развиваться медленнорастущему мятлику луговому и тем самым создавать стабильные травостои. К третьему году жизни трав содержание мятлика лугового стало увеличиваться. При составлении смесей из клевера лугового и злаковых содержание клевера к третьему году пользования сходит к минимуму, а вместо него получают распространение наиболее конкурентоспособные злаковые травы. При включении в травосмесь клевера белого следовало ожидать, что он будет конкурировать с другими травами.

Четырёхлетние исследования показывают, что минимальные показатели урожайности, существенно отличающиеся от контроля, зафиксированы у варианта 1 (2,3 т/га), составленного из тех же видов трав, что и контроль. Здесь не вносили минеральные удобрения, тогда как под все остальные варианты использованы рекомендуемые дозы.

По средней урожайности сухого вещества статистически значимо от контроля отличались из злаковых – вариант 6, из бобово-злаковых – варианты 8–10. Они превысили контроль на 0,6–2 т/га.

У злаковых травостоев при внесении минеральных удобрений содержание сухого вещества варьировало от 6,1 до 7,2 т, переваримого протеина – 0,7–0,8 т/га, обменной энергии – 61,0–72,0 ГДж/га. Обеспеченность растительного сырья протеином повышается в большей степени за счёт внесения азотных удобрений.

Наибольшую урожайность сухой массы и значительную прибавку обеспечили бобово-злаковые травостои, в состав которых входили клевер луговой и ползучий – 8,2–8,4 т сухой массы, 84,8–87,6 ГДж/га обменной энергии и 1,1 т/га переваримого протеина. В бобово-злаковых травостоях количество протеина зависело в основном от присутствия бобового компонента.

Из всех вариантов опыта наибольшую урожайность имел бобово-злаковый травостой варианта 9 с урожайностью 8,4 т/га сухой массы, 1,1 т/га переваримого протеина и 87,6 ГДж/га обменной энергии.

Анализ показал, что в среднем за четыре года питательная ценность бобового травостоя зависела от его растительного состава, злакового – от нормы минеральных азотных удобрений, срока и кратности их внесения в течение вегетационного периода. Среди злаковых травостоев по содержанию сырого протеина (17,2%) выделился вариант 5, включавший фестулолиум, райграс, овсяницу, тимофеевку и мятлик, с количеством сырой клетчатки 23,2% и 10,1 МДж обменной энергии в 1 кг СВ. Среди бобово-злаковых смесей лучшими оказались варианты 9 и 10, представляющие собой сочетание райграса пастбищного, фестулолиума и двух клеверов, содержание сырого протеина в которых составляло 18,7–18,9%, сырой клетчатки – 20,8–21%, а обменной энергии – 10,4 МДж/кг. Содержание сырого жира в кормах колебалось от 3,0 до 3,5%.

С практической точки зрения результаты научных исследований смогут помочь в фор-

мировании устойчивой кормовой базы за счёт проектирования и использования культурных пастбищ.

ВЫВОДЫ

1. В условиях Вологодской области возделывание многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей пастбищного использования играет большую роль в увеличении и стабилизации производства кормов, улучшении их качества, повышении энергетической эффективности кормопроизводства и сельского хозяйства в целом.

2. Злаковые и бобово-злаковых травостои за 2011–2015 гг. обеспечили урожайность от 1,3 до 5,3 т/га, выход обменной энергии 12,6–52,5 ГДж/га, содержание сырого протеина 10,3–15,6 % в 1 кг СВ; в 2017–2021 гг. 2,3–8,4 т/га, 23,4–87,6 ГДж/га, 13,4–18,9 % соответственно.

3. Агрофитоценозы, изучаемые в 2011–2021 гг., обеспечили получение корма с показателями, соответствующими зоотехническим требованиям.

4. Научный вклад авторов данной многолетней работы состоит в изучении влияния малораспространенных видов и сортов многолетних злаковых и бобовых трав на видовой состав и показатели продуктивности и питательности пастбищных агрофитоценозов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *От земли* до молока: практ. пособие / А.В. Маклахов, Г.А. Симонов, Е.А. Тяпугин [и др.]. – Вологда–Молочное: Сев.-Зап. НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства, 2016. – 136 с.
2. *Структура* злаково-бобовой травосмеси при разных способах посева и орошения в аридных условиях Нижнего Поволжья / Н.И. Кудряшова, Г.К. Булахтина, А.В. Кудряшов, А.А. Хюпинин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 4 (64). – С. 19–23.
3. *Кирюхин С.В., Зарьянова З.А.* Соотношение высоты травостоя различных видов трав с их кормовой продуктивностью при многолетнем использовании // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 8
4. *Синицына С.М.* Многолетние травы Северо-Запада РФ: состояние и проблемы // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 103–111.
5. *Трубников Ю.Н., Бопп В.Л.* Влияние минеральных удобрений и гербицидов на семенную продуктивность многолетних трав в Приенисейской Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – №1. – С. 83–90.
6. *Эседуллаев С.Т.* Многолетние травы и их смеси – важнейший фактор повышения плодородия почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // Плодородие. – 2022. – № 6 (129). – С. 59–63.
7. *Гаврилова А.Ю., Конова А.М.* Урожайность многолетних трав и плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном внесении минеральных удобрений // Вестник Ульяновской ГСХ. – 2021. – № 2 (54). – С. 71–77.
8. *Шаманин А.А., Попова Л.А.* Особенности формирования злаково-бобовых травосмесей первого и второго года жизни в условиях Европейского Севера России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 376–384.
9. *Boval M., Dixon R.M.* The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics // Animal. – 2012, May. – Vol. 6 (5). – P. 748–762.
10. *To graze* or not to graze, that the guestion / A. Van den Pol-Dessar, T. V. Vellinga, A. Jonausen, E. Kennedy // Grassland Science in Europe. – 2008. – Vol. 13. – P. 706–716.
11. *Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В., Чернышева О.О.* Многолетние травы пастбищного использования для адаптивного кормопроизводства Вологодской области // АгроЗооТехника. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 1.
12. *Potential* of legumebased grassland-livestock systems in Europe: A review / A. Lüscher, I. Mueller-Harvey, J.F. Soussana [et al.] // Grass and Forage Science. – 2014. – N 69. – P. 206–228.
13. *Shelton M., Dalzell S.* Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures // Tropical Grasslands. – 2007. – Vol. 41. – P. 174–190.

14. *Кшникаткина А.Н.* Укрепление кормовой базы // Фермер. Поволжье. – 2015. – № 3 (34) – С. 40–43.
15. *Калиничев Е.А.* Создание культурных пастбищ с использованием инновационной культуры фестулолиум // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. в рамках междунар. науч.-практ. форума, посвящ. Дню хлеба и соли, Саратов, 24–25 марта 2021 г. / под общ. ред. О.М. Поповой, Н.В. Неповинных, В.А. Буховец. – Саратов: Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2021. – С. 98–102.
16. *Бакшаев Д.Ю., Кашеваров Н.И., Жданова И.Л.* Кормовые цели в лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1 (66). – С. 12–20.
17. *Akgun I., Tosun M., Sengul S.* Comparison of agronomic characters of Festulolium, Festuca pratensis Huds. and Lolium multiflorum Lam. genotypes under high elevation conditions in Turkey // Bangladesh journal of botany. – 2008. – Vol. 37 (1). – P. 1–6.
18. *Иванова С.В., Курдакова О.В.* Адаптивность лядвенца рогатого в Нечерноземье России // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 10 (225). – С. 2–11.
19. *Алешин М.А.* Влияние агрохимических показателей почвы на продуктивность агроценозов козлятника восточного // E-Scio. – 2022. – № 2 (65). – С. 13–18.
20. *Игловиков В.Г., Конюшков Н.С., Мельничук В.П.* Методика опытов на сенокосах и пастбищах. – М.: Печат.-изд. группа ВИК, 1971. – Ч. 2. – С. 174.
21. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – С. 415.

REFERENCES

1. Maklakhov A.V., Simonov G.A., Tyapugin E.A. [et al.], *Ot zemli do moloka* (From Earth to Milk), Vologda-Molochnoe, 2016, 136 p.
2. Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V., Khyupinin A.A., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, Vol. 16, No. 4 (64), pp. 19–23. (In Russ.)
3. Kiryukhin S.V., Zaryanova Z.A., *Zernobobovye i krupyanye kultury*, 2021, No. 2 (38), pp. 8. (In Russ.)
4. Sinitsyna S.M., *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2017, No. 92, pp. 103–111. (In Russ.)
5. Trubnikov Yu.N., Bopp V.L., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 1, pp. 83–90. (In Russ.)
6. Esedullaev S.T., *Plodorodie*, 2022, No. 6 (129), pp. 59–63. (In Russ.)
7. Gavrilova A.Yu., Konova A.M., *Vestnik Ulyanovskoi GSKh*, 2021, No. 2 (54), pp. 71–77. (In Russ.)
8. Shamanin A.A., Popova L.A., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021, T. 22, No. 3, pp 376–384. (In Russ.)
9. Boval M., Dixon RM., The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics, *Animal*, 2012, May, Vol. 6 (5), pp. 748–62.
10. Van den Pol-Dessar A., Vellinga T.V., Jonausen A., Kennedy E., To graze or not to graze, that the guestion, *Grassland Science in Europe*, 2008, Vol. 13, pp. 706–716.
11. Pryadilshchikova E.N., Vakhrusheva V.V., Chernysheva O.O., *AgroZooTekhnika*, 2022, T. 5, No. 4, pp. 1. (In Russ.)
12. Lüscher A., Mueller-Harvey I., Soussana J.F., Rees R.M., Peyraud J.L., Potential of legumebased grassland-livestock systems in Europe: A review, *Grass and Forage Science*, 2014, No. 69, pp. 206–228.
13. Shelton M., Dalzell S., Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures, *Tropical Grasslands*, 2007, Vol. 41, pp. 174–190.
14. Kshnikatkina A.N., *Fermer. Povolzhe*, 2015, No. 3 (34), pp. 40–43. (In Russ.)
15. Kalinichev E.A., *Pishchevye tekhnologii budushchego: innovatsii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaystvennoy produktsii* (Food technologies of the future: innovations in the production and processing of agricultural products), II International scientific and practical conference within the framework of the international scientific and practical forum dedicated to the Day of Bread and Salt, Digest of articles, Saratov: Center for Social Agro-Innovation SSAU LLC, 2021, pp. 98–102. (In Russ.)
16. Bakshaev D.Yu., Kashevarov N.I., Zhdanova I.L., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 1 (66), pp. 12–20. (In Russ.)

17. Akgun I., Tosun M., Sengul S., Comparison of agronomic characters of Festulolium, Festuca pratensis Huds. and Lolium multiflorum Lam. genotypes under high elevation conditions in Turkey, *Bangladesh journal of botany*, 2008, Vol. 37 (1), pp. 1–6.
18. Ivanova S.V., Kurdakova O.V., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2022, No. 10 (225), pp. 2–11. (In Russ.)
19. Aleshin M.A., *E-Scio*, 2022, No. 2 (65), pp. 13–18. (In Russ.)
20. Iglovikov V.G., Konyushkov N.S., Melnichuk V.P., *Metodika opytov na senokosakh i pastbishchakh* (Methodology of experiments on hayfields and pastures), Moscow, Pechatno izdatelskaya gruppa VIK, 1971, part 2, 174 p.
21. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow, Kolos, 1985, 415 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-140-149
УДК:633.11:631.53.01:631.811.98

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ СЕМЯН НА ЛАБОРАТОРНУЮ ВСХОЖЕСТЬ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

О.М. Снигирева, младший научный сотрудник
Н.А. Жилин, кандидат биологических наук
Ю.Е. Ведерников, кандидат сельскохозяйственных наук
Г.А. Баталова, академик РАН
Л.М. Щеклеина, кандидат сельскохозяйственных наук
Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия
E-mail: snigireva_olga@mail.ru

***Ключевые слова*:** яровая пшеница, регуляторы роста, Эмистим Р, Альбит, лабораторная всхожесть.

Реферат. *Исследования проведены в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. Изучалось влияние регулятора роста Эмистим Р, биопрепарата Альбит ТПС и химического протравителя Бункер, ВКС на посевные качества семян в процессе хранения. Материалом для исследований послужили семена и 14-дневные проростки яровой пшеницы сорта Баженка урожая 2015–2019 гг. В 2022 г. проводили анализ посевных качеств семян урожая 2015–2019 гг. и фитопатологический анализ проростков методом рулонной культуры. Первоначальная всхожесть семян в большинстве вариантов изучения и годов уборки соответствовала требованиям ГОСТ 52325–2005. Объем выборки в каждом повторении – 25 зерен, повторность четырехкратная, продолжительность опыта 14 дней. После окончания эксперимента проводили замеры длины и массы листьев и корней. Учитывали распространение (поражение) и развитие корневых гнилей по шкале Э. Гоймана. Показано, что на лабораторную всхожесть и проявление корневых гнилей в начале онтогенеза помимо погодных условий года уборки влияли обработка высеянных семян и опрыскивание посевов регуляторами роста. Установлено, что у яровой пшеницы Баженка в вариантах с применением регулятора роста Альбит при наименьшем поражении корневыми гнилями улучшаются ростовые процессы корней и зеленой массы и увеличивается лабораторная всхожесть. Препарат Эмистим Р, вероятно, не обладает высокой фунгицидной активностью по отношению к возбудителям корневых инфекций пшеницы, так как практически во всех вариантах его применения показатели поражения и развития болезни были выше контроля. В исследованиях установлена тесная положительная связь ($r = 0,82$ при $P \geq 0,95$) между этими признаками. Значимая отрицательная зависимость ($r = -0,93$ при $P \geq 0,95$) выявлена между поражением проростков и лабораторной всхожестью семян. В вариантах обработки семян или посевов Альбитом длина и масса корней и листьев были преимущественно выше контроля у семян всех лет репродукции. Стимулирующий эффект биопрепарата Эмистим Р более выражен при обработке семян. Установлена достоверная отрицательная связь между инфицированностью проростков, длиной и массой корней и проростков ($r = -0,88; -0,54; -0,76; -0,75$ при $P \geq 0,95$).*

INFLUENCE OF BIOLOGICAL PRODUCTS AND SEED STORAGE DURATION ON LABORATORY GERMINATION OF SPRING WHEAT PLANTS

O.M. Snigireva, Junior Researcher
N.A. Zhilin, PhD in Biological Sciences
Yu.E. Vedernikov, PhD in Agricultural Sciences
G.A. Batalova, Academician of the Russian Academy of Sciences
L.M. Shchekleina, PhD in Agricultural Sciences
Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia
E-mail: snigireva_olga@mail.ru

Keywords: spring wheat, growth regulators, Emistim R, Albit, laboratory germination.

Abstract. *The research was conducted at the Federal Agrarian Research Center of the North- East named after N.V. Rudnitsky. The influence of the growth regulator Emistim R, the biological preparation Albit TPS (flowing paste), and the chemical disinfectant Bunker, VKS (aqueous suspension concentrate) on the sowing qualities of*

seeds during storage was studied. The material for the research was seeds and 14-day-old seedlings of the spring wheat variety Bazhenka, harvested from 2015 to 2019. In 2022, an analysis of the sowing qualities of seeds from the 2015–2019 harvest was carried out, as well as a phytopathological analysis of seedlings using the roll culture method. The initial germination of seeds in most study options and harvest years met the requirements of SS (State Standard) 52325–2005. The sample volume in each repetition is 25 grains, four repetitions, and the experiment duration is 14 days. After the end of the experiment, the length and weight of leaves and roots were measured. The spread (damage) and development of root rot were taken into account according to E. Goiman's scale. It was shown that laboratory germination and the manifestation of root rot at the beginning of ontogenesis, in addition to the weather conditions of the harvest year, were influenced by the treatment of sown seeds and the spraying of crops with growth regulators. It has been established that in spring wheat Bazhenka, in variants using the growth regulator Albit with minor damage by root rot, the growth processes of roots and green mass are improved, and laboratory germination increases. The drug Emistim R probably does not have high fungicidal activity against pathogens of root infections of wheat since, in almost all variants of its use, the indicators of damage and disease development were higher than in control. Studies have established a close positive relationship ($r = 0.82$ at $P \geq 0.95$) between these signs. A significant negative relationship ($r = -0.93$ at $P \geq 0.95$) was found between seedling damage and laboratory seed germination. In the variants of treatment of seeds or crops with Albit, the length and weight of roots and leaves were predominantly higher than the control in seeds of all years of reproduction. The stimulating effect of the biological product Emistim R is more pronounced when treating seeds. A significant negative relationship was established between the infection of long seedlings and the weight of roots and seedlings ($r = -0.88; -0.54; -0.76; -0.75$ at $P \geq 0.95$).

Продовольственная безопасность Волго-Вятского региона является неотъемлемой частью национальной безопасности страны. Улучшение обеспечения населения экологически чистыми продуктами питания представляет собой важную социально-экономическую задачу, решение которой имеет огромное значение как для развития государства, так и конкретного региона [1–3]. Поэтому производство качественной экологически чистой продукции становится одним из главных направлений развития растениеводства. В связи с интенсификацией процессов производства продукции растениеводства, в частности широким применением химических средств защиты растений, наблюдается ухудшение агроэкологической обстановки и снижение плодородия почв. Все это требует пересмотра технологий возделывания сельскохозяйственных культур, внедрения инновационных и экологически безопасных технологий с более полным использованием потенциала почвенного плодородия [4, 5].

В Российской Федерации в 2020 г. вступил в действие Федеральный закон об органической продукции № 280-ФЗ. В ряде стран органическое сельское хозяйство, наряду с агролесоводством и точным земледелием, входит в число обязательных экопрактик, поскольку в некоторых странах, включая РФ, наблюдается дефицит органической продукции [6]. В технологиях органического земледелия ограничивают или вообще не используют химические пестициды и расширяют применение биологических средств [7, 8]. Для поддержания оптимального фитосанитарного состояния посевов и гигиенических требований к здоровой почве защита посевов от сорняков основывается на использовании механической обработки и высева сидерально-покровных культур, что сдерживает развитие сорной растительности ниже экономического порога вредоносности, а защита растений от болезней основана на развитии почвенного биоценоза, увеличении ферментного пула и повышении фитоиммунитета выращиваемых растений [9].

Для снижения воздействия стрессов и повышения иммунитета растений регуляторы роста в наше время выступают в качестве необходимого элемента в технологии производства зерна. Предпосевная обработка семян регуляторами роста, обладающими фунгицидными и защитно-стимулирующими свойствами, защищает семена от неблагоприятных факторов и активизирует ростовые процессы, что позволяет получить высокую урожайность качественных семян. В ряде научных работ показано, что предпосевная обработка семян и опрыскивание посевов регуляторами роста оказывают иммуномодулирующий эффект, снижают негативное воздействие химических препаратов [10–13]. Использование биологических фунгицидов Алирин и Бинорам способствовало увеличению

урожайности зерна яровой пшеницы соответственно на 160–350 и 140–290 кг/ га [14] . В то же время, исследований, описывающих последействие обработки регуляторами роста на рост и развитие растений, посевные качества семян и фитосанитарное состояние посевов, недостаточно. Известны положительные результаты аналогичных исследований с биопрепаратом – регулятором роста Вигор Форте [15].

Яровая пшеница – важнейшая зерновая культура, ее зерно богато белком (16–18 %), используется для выпечки высококачественных сортов белого хлеба и кондитерских изделий. Как и любая другая культура, пшеница подвержена заболеваниям. На динамику развития грибных болезней яровых зерновых культур влияют условия вегетации, в том числе температура и осадки в критически важные периоды развития растений [16]. Один из основных источников распространения болезней культуры – ее семена. Фитосанитарное состояние посевного материала имеет решающее значение, поскольку наличие патогенов на семенах может привести к развитию инфекции на растениях. При длительном хранении семена пшеницы могут сохранять высокие посевные качества до 7–8 лет, затем начинают постепенно терять всхожесть, что затрудняет получение полноценных растений в полевых условиях [17–19].

Цель исследований – выявить влияние обработки семян и посевов яровой пшеницы регуляторами роста Эмистим Р, Альбит и химическим препаратом Бункер, ВКС на посевные качества семян в процессе хранения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. Материалом для исследований послужили семена и 14-дневные проростки яровой пшеницы сорта Баженка урожая 2015–2019 гг.

Для предпосевной обработки семян (ОС) и обработки посевов (ОП) использовали: системный химический фунгицид Бункер, ВСК на основе тебуконазола, регулятор роста Эмистим Р (0,01 г/л продуктов метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*), Альбит – биофунгицид, комплексный регулятор роста и развития растений, антистрессант.

Эмистим Р – биорегулятор роста и корнеобразования растений, действующее вещество – продукты метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola* [20]. Способствует повышению полевой всхожести, активизации ростовых и формообразовательных процессов, повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды, болезням, повышению урожайности, улучшению качества продукции.

Альбит – комплексный биопрепарат, универсальный регулятор роста растений со свойствами фунгицида и комплексного удобрения, действующее вещество – поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний сернокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид [21]. Альбит повышает урожайность за счет увеличения засухоустойчивости, улучшает перезимовку озимых культур, обладает фунгицидной активностью, снимает стресс от применения химических пестицидов, сокращает расход удобрений и пестицидов.

Бункер – системный фунгицид, который используется как протравитель семян. Активный компонент препарата – тебуконазол (60 г/л), вещество из класса триазолов [22]. Обладает профилактическим и лечебным системным действием. Угнетает развитие грибов – возбудителей болезней, находящихся как на поверхности семян, так и развивающихся внутри них.

Варианты опыта: 1 – контроль (без обработки);

2 – обработка семян фунгицидом Бункер, ВКС, 0,4–0,5 л/т;

3 – обработка семян регулятором роста Эмистим, 1 мл/т;

4 – обработка семян комплексным препаратом Альбит – 40 мл/т;

5 – обработка посевов препаратом Эмистим – 1 мл/га;

6 – обработка посевов препаратом Альбит – 40 мл/га;

7 – обработка семян и посевов препаратом Эмистим Р – 1 мл/т и 1 мл/га;

8 – обработка семян и посевов препаратом Альбит – 40 мл/т и 40 мл/га:

В 2022 г. проводили анализ посевных качеств семян урожая 2015–2019 гг. и фитопатоло-

гический анализ проростков методом рулонной культуры [23]. Первоначальная всхожесть семян в большинстве вариантов изучения и годов уборки соответствовала требованиям ГОСТ 52325-2005 [24]. Объем выборки в каждом повторении – 25 зерен, повторность четырехкратная, продолжительность опыта 14 дней. После окончания эксперимента проводили замеры длины и массы листьев и корней. Учитывали распространение (поражение) и развитие корневых гнилей по шкале Э. Гоймана [25].

Таблица 1

Лабораторная всхожесть семян яровой пшеницы Баженка через 4 месяца после уборки
Laboratory germination of spring wheat seeds Bazhenka 4 months after harvesting

Вариант	Год получения семян				
	2015	2016	2017	2018	2019
1.	94,5	95,3	98,8	88,0	91,3
2.	94,8	96,4	97,8	90,0*	91,5
3.	95,0	96,0	98,8	87,0	92,0
4.	98,5*	97,3*	99,8*	91,0*	95,3*
5.	98,2*	96,8	98,0	89,0*	94,8*
6.	97,2*	97,8	99,3*	90,0*	94,8*
7.	98,0*	97,0*	99,0*	90,0*	91,8
8.	97,0*	97,3*	99,3*	93,0*	88,8
$НСР_{05}$	2,5	1,6	0,1	0,6	1,1

*Здесь и далее: показатель значимо выше контроля.
*In the future: the indicator will be significantly higher than the control.

Метеорологические условия, по данным Кировского ЦГМС – филиала ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС», в годы получения семян различались по увлажнению и температурному режиму. В средней степени благоприятные условия сложились в 2015 г., когда в период «кущение – выход в трубку» отмечались недостаточное увлажнение и повышенный температурный фон. В 2016 г. наблюдался продолжительный засушливый период. Май был сухим с низкой относительной влажностью воздуха, эффективные осадки отсутствовали. В июне температура поднималась до 31–32°С, количество осадков было 24 мм (36 % к норме). В период с 8 по 10 июля наблюдались осадки ливневого характера (в сумме 80 мм), которые прошли поверхностным стоком и не улучшили влагообеспеченность растений. Пониженные температуры и избыточное увлажнение 2017 г. удлинили прохождения фаз развития и сроков уборки, что привело к снижению урожайности. Условия вегетации 2018 г. были оптимальными для формирования зерна яровых зерновых. В период вегетации 2019 г. отмечалась неустойчивая погода с переходом от дефицита тепла и осадков до повышенных температур и переувлажнения.

Климатические условия во время вегетации повлияли на состояние семенного материала, зараженность корневыми гнилями отмечалась на максимальном уровне во влажном 2017 г. Минимальная зараженность зафиксирована в засушливом 2016 г. Избыточное увлажнение 2017 г. неблагоприятно сказалось и на созревании семян.

Достоверность результатов оценивали с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.07 и пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ качества семян показал, что в контрольном и опытных вариантах лабораторная всхожесть семян урожая 2015 г. существенно снизилась при хранении: с 95–98% в год их получения до 18–58% в 2022 г., что не соответ-

ствует установленным стандартным нормам (табл. 2). Наибольший показатель (58,0%) получен при обработке семян Альбитом, минимальная всхожесть – 18% отмечена в вариантах ОС Бункер, ОП Эмистим Р, ОС + ОП Альбит. Можно полагать, что изучаемые биопрепараты и фунгицид Бункер, оказывая положительное последействие на онтогенез и продуктивность растений пшеницы, адаптивность и устойчивость к стрессовым факторам, не обеспечивают высокой длительной жизнеспособности семян, ограничивая их долговечность на уровне 5–6 лет.

Следует отметить, что при первой оценке качества семян урожая 2015 г. – через 5 месяцев после уборки их всхожесть во всех вариантах опыта соответствовала требованиям ГОСТ 52325-2005, показатель варьировал от 94,5% в контроле до 98,5% в варианте ОС Альбит. Высокие показатели всхожести получены и в последующие годы. Так, показатель всхожести семян урожая 2016 г. изменялся от 95,3% в контроле до 97,3% при обработке посевов Альбитом.

При анализе качества семян в 2022 г. установлено, что семена урожая 2016 г. имели достоверно высокие показатели лабораторной всхожести в вариантах: ОС Бункер (86 %), ОС Альбит (86 %), ОП Альбит (94%). На формирование зерна яровых зерновых культур значительное влияние оказывают условия вегетации и сортовые особенности. Снижение признака ниже уровня контроля установлено при всех способах использования биопрепарата Эмистим Р.

Таблица 2

Влияние биологических препаратов и года урожая на лабораторную всхожесть семян яровой пшеницы сорта Баженка при определении в 2022 г., %

The influence of biological preparations and harvest year on the laboratory germination of spring wheat seeds of the Bazhenka variety when determined in 2022, %

Вариант	Год уборки				
	2015	2016	2017	2018	2019
1.	50,0	80,0	90,0	82,0	82,0
2.	18,0	86,0	86,0	94,0	68,0
3.	26,0	76,0	90,0	92,0	76,0
4.	58,0	86,0	98,0	96,0	82,0
5.	18,0	72,0	90,0	82,0	68,0
6.	40,0	94,0	96,0	94,0	90,0
7.	36,0	78,0	96,0	96,0	72,0
8.	18,0	84,0	94,0	82,0	82,0
$НСР_{05}$	4,5	2,8	2,9	2,8	3,6

Значимо высокая относительно контроля лабораторная всхожесть (94–98%) семян пшеницы урожая 2017 г. по результатам анализа 2022 г. получена в вариантах обработки семян и посевов раздельно и последовательно препаратом Альбит, регулятором роста Эмистим Р в варианте сочетания обработки семян и посевов. Исходная всхожесть семян через 5 месяцев после уборки в 2017 г. была высокая – от 97,8% в варианте применения для обработки семян препарата Бункер до 99,8% при обработке семян Альбитом.

Первоначальная лабораторная всхожесть семян урожая 2018 г. варьировала от 87,0% в варианте обработки семян Эмистимом Р и 88,0% в контроле до 93,0% при использовании препарата Альбит для последовательной обработки семян и посевов. По результатам оценки качества семян в 2022 г. в пяти из восьми экспериментальных вариантов (ОС Бункер, ОС Эмистим Р, ОС Альбит, ОП Альбит, ОС и ОП Эмистим Р) семена имели лабораторную всхожесть, соответствующую ГОСТ 52325-2005.

Лабораторная всхожесть семян урожая 2019 г. по результатам оценки после 5 меся-

цев их хранения во всех экспериментальных вариантах отвечала требованиям ГОСТ 52325-2005. Наименьший показатель – 88,8% получен в варианте ОС+ОП Альбит – семена категории РСт для товарных посевов, максимальный – 95,3% – в варианте обработки семян препаратом Альбит. По результатам анализа 2022 г. семена, полученные в 2019 г., к 2022 г. в большинстве вариантов существенно снизили лабораторную всхожесть – до 68–82 %, только в варианте обработки посевов Альбитом получена всхожесть 90%.

Низкая лабораторная всхожесть семян урожая 2019 г. может быть обусловлена особенностями растительно-микробных взаимодействий в климатических условиях периода вегетации, который характеризовался избытком влаги в период «всходы – выход в трубку» (ГТК 2,52), когда в начале июня наблюдали преимущественно сухую погоду с температурой до 28–31°С днем и 6–8° С ночью и пониженной температурой в период «цветение – молочная спелость» (ГТК 0,83), когда среднесуточная температура составила днем 8–14° С, при ночных заморозках до -0,5…-3° С, что, возможно, послужило одной из причин получения семян с пониженными показателями лабораторной всхожести. При этом доля природной составляющей в каждом из патокомплексов сугубо своя. При хранении семян происходит их естественное оздоровление вследствие снижения жизнеспособности инфекционных структур фитопатогенных микроорганизмов. Однако во влажные годы зерно дополнительно инфицируется бактериальной инфекцией и видами *Fusarium* spp., что, вероятно, и определило более сильное поражение корневой системы проростков.

Исследования показали, что относительно высокую всхожесть семян пшеницы при их длительном хранении обеспечивает, в зависимости от года получения семян, обработка семян и посевов биопрепаратом Эмистим Р, отдельная обработка посевов Эмистимом Р, семян – фунгицидом Бункер и биопрепаратом Альбит, семян и посевов – Альбитом.

В ходе иммунологического анализа 14-дневных проростков отмечено, что все опытные образцы семян урожая 2015 г. были инфицированы достоверно выше семян контрольного варианта, а семена 2016 и 2017 гг. – достоверно ниже, за исключением варианта ОП Эмистим Р в 2017 г (табл. 3).

Таблица 3

Влияние биологических препаратов на распространение и развитие корневых гнилей у яровой пшеницы Баженка при определении в 2022 г.
The influence of biological preparations on the spread and development of root rot in spring wheat Bazhenka was determined in 2022.

Вариант	Поражение, %					Развитие болезни, %				
	Год уборки урожая									
	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2016	2017	2018	2019
1	28	51,2	49,4	36,8	48,8	7	15	18,9	14,7	13,6
2	41,7	30,3*	53,3	51	45,8*	14,3	8,8	18,1	16,5	16,5
3	36,7	34,5*	39,9*	41,5	52,7	9,2	10,7	16	15,8	20,6
4	37,5	37,4*	48,9	37,6	40,6*	9,4	12,3	21,5	12,5	14,8
5	55	39,7*	44,1*	51,1	38,2*	13,8	12,3	14,9	18,2	12,2
6	40,4	36,1*	54,3	51	44,7*	14,5	10,6	24,7	17	15,9
7	34,9	30,8*	47,7	41,8	51,2	11,3	9,6	18,7	15,1	19,1
8	45	47,8*	54,5	48,7	49	11,3	16,7	20,8	17,1	20,9
$НСР_{05}$	3,1	1,8	2,1	1,9	2,3	1,3	1,1	1,1	0,8	1,4

Существенное снижение распространения корневых гнилей у проростков, полученных из семян урожая 2018 г., отмечено в вариантах ОС Альбит, ОС и ОП Эмистим Р, в 2019 г. – ОС Альбит и ОП Альбит. Среди изученных препаратов выделяется регулятор роста Альбит, од-

нократное применение которого для обработки семян или посевов обеспечило в исследованиях достоверное снижение поражения проростков и развития корневых гнилей в 2016–2019 гг. Препарат Эмистим Р, вероятно, не обладает высокой фунгицидной активностью по отношению к возбудителям корневых инфекций пшеницы, так как практически во всех вариантах его применения показатели поражения и развития болезни были выше контроля. В исследованиях установлена тесная положительная связь (r = 0,82 при P ≥ 0,95) между этими признаками. Значимая отрицательная зависимость (r = -0,93 при P ≥ 0,95) выявлена между поражением проростков и лабораторной всхожестью семян.

Биометрический анализ проростков пшеницы выявил наиболее высокую фиторегуляторную способность биопрепарата Альбит (табл. 4). В вариантах обработки семян или посевов Альбитом длина и масса корней и листьев были преимущественно выше контроля у семян всех лет репродукции. Стимулирующий эффект биопрепарата Эмистим Р более выражен при обработке семян. Проростки из семян урожая 2015, 2016, 2018 и 2019 гг. отличались существенно большей, чем в контроле, длиной и массой листьев. В то же время в исследованиях не выявлено значимого увеличения корневой системы растений под действием данного биопрепарата.

Таблица 4

Биометрические показатели проростков яровой пшеницы Баженка (длина, см / масса, г) при определении в 2022 г.
Biometric indicators of Bazhenka spring wheat seedlings (length, cm/weight, g) when determined in 2022.

Вариант	Год уборки урожая									
	2015		2016		2017		2018		2019	
	длина/масса		длина/масса		длина/масса		длина/масса		длина/масса	
	корней	листьев	корней	листьев	корней	листьев	корней	листьев	корней	листьев
1	18,2 0,9	16,5 1,0	20,2 1,9	19,5 2,4	19,4 1,7	20,2 1,8	18,9 1,4	18,6 1,5	20,9 1,7	18,9 1,7
2	19,2 0,4	19,6* 0,5	21,0* 2,0	20,6* 2,6	19,2 1,0	19,0 1,9	18,4 1,5	20,0* 1,8	20,7 1,4	19,3 1,5
3	21,4 0,9	20,9* 1,3*	21,1* 2,0	20,2 2,4	16,4 1,1	18,5 1,8	15,6 1,5	20,2* 1,9*	20,3 1,7	19,9* 2,0
4	19,0 0,8	15,4 1,0	20,4 1,9	20,2 2,6	19,2 1,1	19,8 1,8	20,4* 1,8*	20,7* 1,7	21,0 1,4	17,9 1,7
5	17,0 0,3	17,8 0,5	18,9 1,4	20,0 2,1	20,8* 2,0*	20,8 2,2*	17,8 1,5	18,9 1,6	19,0 1,1	17,7 1,3
6	21,5* 1,0	22,5* 1,3*	18,6 1,7	19,3 2,6	18,2 1,9	21,7* 2,4*	18,7 1,7	20,7* 2,1*	24,0* 2,3*	20,7* 2,1*
7	17,9 0,8	18,7* 1,8*	20,4 1,9	19,5 2,4	20,1* 1,7	22,0* 2,2*	15,6 1,4	16,7 1,4	22,6* 1,8	18,9 2,1*
8	15,2 0,3	13,1 0,3	21,4* 2,2*	20,1 2,5	19,7 2,0*	21,6* 2,2*	17,2 1,3	18,6 1,5	22,4* 2,3*	20,1* 2,5*
$НСР_{05}$	1,7 0,1	2,0 0,2	0,5 0,2	0,7 0,2	0,6 0,2	0,8 0,3	0,6 0,3	0,6 0,3	0,6 0,4	0,9 0,3

Специфичное действие инфицированности семян на биометрию проростков просматривается и в коэффициентах корреляции. Установлена достоверная отрицательная связь между инфицированностью проростков длинной и массой корней и проростков (r = -0,88; -0,54; -0,76; -0,75 при P ≥ 0,95)

ВЫВОДЫ

1. На формирование зерна яровой пшеницы Баженка, его зараженность корневыми гнилями и сохранность посевных качеств во время хранения значительное влияние оказали метеоусловия в год вегетации. Помимо погодных условий года уборки на лабораторную всхожесть и проявление корневых гнилей в начале онтогенеза влияла обработка высеянных семян и опрыскивание посевов регуляторами роста.

2. При изучении лабораторной всхожести семян после 3–7 лет хранения установлено, что применяемые биопрепараты, оказывая положительное последействие на онтогенез и продуктивность растений яровой пшеницы Баженка, адаптивность и устойчивость к стрессовым факторам, не обеспечивают высокой длительной жизнеспособности семян, ограничивая их долговечность на уровне 2–3 лет.

3. Применение регулятора роста Альбит как для обработки семян, так и для опрыскивания растений в период вегетации в большей мере способствовало сохранности посевных качеств семян урожая 2015–2019 гг. У яровой пшеницы Баженка в вариантах с применением регулятора роста Альбит при наименьшем поражении корневыми гнилями улучшаются ростовые процессы корней и проростков и на более высоком уровне сохраняется лабораторная всхожесть семян.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Яшкова Н.В.* Теоретические аспекты продовольственной безопасности региона // Экономика: теория и практика. – 2019. – № 2 (54). – С. 50–55. – EDN: EGZIIR.
2. *Мизюркина Л.А., Сафронова О.Н.* Проблемы и особенности обеспечения национальной продовольственной безопасности // Продовольственная политика и безопасность. – 2015. – Т. 2, № 3. – С. 127–142. – DOI: 10.18334/ppib.2.3.622.
3. *Продовольственная* безопасность: актуальность для России / Г.В. Подбиралина [и др.] // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. – 2018. – № 3 (99). – С. 12–23. – DOI: http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2018-3-12-23.
4. *Акчурин Р.Л., Багаутдинов Р.С., Мирсаяпов Р.Р.* Влияние экологически безопасных технологий применения средств защиты растений на продуктивность яровой пшеницы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4. – С. 6–12. – DOI: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-6-12.
5. *The importance* of plant genetic resources for upcoming challenges in breeding and research / Börner A. [et al.] // Генофонд и селекция растений. – 2018. – С. 45–50.
6. *Авилова А.В.* Каковы перспективы органического земледелия в России // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. 86, № 3. – С. 237–243. – DOI: 10.7868/S0869587316030038.
7. *Кудеяров В.Н.* Эмиссия закиси азота из почв в условиях применения удобрений (аналитический обзор) // Почвоведение. – 2020. – № 10. – С. 1192–1205. – DOI: 10.31857/S0032180X20100X.
8. *Кудашкин П.И., Бондаренко Н.Д., Власенко Н.Г.* Влияние препаратов БиоВайс и ТурМакс на продуктивность яровой пшеницы в условиях северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2. – С. 26–32. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-26-32.
9. *Здоровая* почва – условие устойчивости и развития арго- и социосфер (проблемно-аналитический обзор) / М.С. Соколов, В.М. Семенов, Ю.Я. Спиридонов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2020. – № 1. – С. 12–21. – DOI: 10.31857/S0002332920010142.
10. *Завалин А.А., Накаряков А.М.* Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 27–30. – DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10107.
11. *Strigolactone*: an emerging growth regulator for developing resilience in plants / Alvi A.F. [et al.] // Plants. – 2022. – Т. 11, N 19. – P. 2604. – https://doi.org/10.3390/plants11192604.
12. *Monitoring* of the phytosanitary efficiency of pre-sowing spring wheat seed treatment / Pertseva E.V. [et al.] // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 17. – P. 00005. – https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700005.

13. *Influence* of zircon, mineral fertilizers on spring wheat yield in gray forest soils of the Republic of Tatarstan / Amirov M.F. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 341, N 1. – P. 012025. – DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012025.
14. *Амиров М.Ф.* Формирование урожая яровой мягкой пшеницы при использовании биологических препаратов и минеральных удобрений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 5–8. – https://doi 10.12737/article_599ac50e3defd6.43777208.
15. *Влияние* последействия регулятора роста и биопрепарата на посевные качества семян ячменя / Павловская Н.Е. [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 2 (77). – С. 24–29. – http://dx.doi.org/1015817/48484/.
16. *Зависимость* развития грибной инфекции зерновых культур от сезонной динамики климатических факторов / Т.К. Шешегова, Л.М. Щеклеина, И.Н. Щенникова, А.Н. Мартьянова // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 31(4). – С. 58–61.
17. *Сотник А.Я.* Жизнеспособность семян овса и ячменя при хранении // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – Т. 48, №. 3. – С. 28–33. – https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-4.
18. *Effect* of artificial aging on wheat quality deterioration during storage / Tian P.P. [et al.] // Journal of Stored Products Research. – 2019. – Т. 80. – P. 50–56. – https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.11.009.
19. *Comparative* physiology and proteomics of two wheat genotypes differing in seed storage tolerance / Chen X. [et al.] // Plant Physiology and Biochemistry. – 2018. – Т. 130. – P. 455–463. – https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.07.022.
20. *Эмистим, Р* (регуляторы роста растений, пестициды) [Электронный ресурс] // AgroXXI. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/emistim-r-2.html (дата обращения: 05.03.2023).
21. *Альбит, ТПС* (фунгициды, пестициды) [Электронный ресурс] // AgroXXI. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/albit-tps-2.html (дата обращения: 05.03.2023).
22. *Бункер, ВСК* (фунгициды, пестициды) [Электронный ресурс] // AgroXXI. – URL: https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/bunker-vsk-3.html (дата обращения: 05.03.2023).
23. *Бенкен А.А., Хрустовская В.Н.* Лабораторная оценка болезнеустойчивости растений и паразитических свойств возбудителей обыкновенной корневой гнили // Труды ВИЗР. – 1977. – С. 9–13.
24. *ГОСТ* Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия (с поправкой) [Электронный ресурс] – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200039547?ysclid=lesdh8b4q5729101344 (дата обращения:).
25. *Гойман Э.* Инфекционные болезни растений. – М.: Иностранная литература, 1954. – 608 с.

REFERENCES

1. Yashkova, N.V., *E`konomika: teoriya i praktika,* 2019, No. 2 (54), pp. 50–55, EDN: EGZIIR. (In Russ.)
2. Mizyurkina L.A., Safronova O.N., *Prodovol`stvennaya politika i bezopasnost`*, 2015, T. 2, No. 3, pp. 127–142. (In Russ.)
3. Podbiralina G.V. [i dr.], *Vestnik Rossijskogo e`konomicheskogo universiteta im. GV Plexanova,* 2018, No. 3 (99), pp. 12–23. (In Russ.)
4. Akchurin R.L., Bagautdinov R.S., Mirsayapov R.R., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2020, No. 4, pp. 6–12. (In Russ.)
5. Börner A. [et al.], *Genofond i selekciya rastenij*, 2018, pp. 45–50. (In Russ.)
6. Avilova A.V., *Vestnik Rossijskoj akademii nauk,* 2016, T. 86, No. 3, pp. 237–243, DOI: 10.7868/S0869587316030038. (In Russ.)
7. Kudeyarov V.N., *Pochvovedenie,* 2020, No. 10, pp. 1192–1205, DOI: 10.31857/S0032180X20100X. (In Russ.)
8. Kudashkin P.I., Bondarenko N.D., Vlasenko N.G., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2022, No. 2, pp. 26–32, DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-26-32.(In Russ.)
9. 9. Sokolov M.S. [i dr.], *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya biologicheskaya,* 2020, No. 1, pp. 12–21, DOI: 10.31857/S0002332920010142. (In Russ.)
10. Zavalin A.A., Nakaryakov A.M., *Zemledelie,* 2021, No. 1, pp. 27–30. (In Russ.)
11. Alvi A. F. [et al.], Strigolactone: an emerging growth regulator for developing resilience in plants, *Plants,* 2022, T. 11, No. 19, pp. 2604.

12. Pertseva E. V. [et al.], Monitoring of the phytosanitary efficiency of pre-sowing spring wheat seed treatment, *BIO Web of Conferences*, EDP Sciences, 2020, T. 17, pp. 00005.
13. Amirov M. F. [et al.], Influence of zircon, mineral fertilizers on spring wheat yield in gray forest soils of the Republic of Tatarstan, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing,* 2019, T. 341, No. 1, pp. 012025.
14. Amirov M.F., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2017, T. 12, No. 2, pp. 5–8. (In Russ.)
15. Pavlovskaya N.E. [i dr.], *Vestnik agrarnoj nauki,* 2019, No. 2 (77), pp. 24–29. (In Russ.)
16. Sheshegova, T.K., Shhekleina, L.M., Shhennikova, I.N., Mart`yanova, A.N., *Dostizheniya nauki i texniki APK,* 2017, No. 31 (4), pp. 58–61. (In Russ.)
17. Sotnik A.Ya., *Sibirskij vestnik sel`skoxozyajstvennoj nauki,* 2018, T. 48, No. 3, pp. 28–33. (In Russ.)
18. Tian P. P. [et al.], Effect of artificial aging on wheat quality deterioration during storage, *Journal of Stored Products Research,* 2019, T. 80, pp. 50–56.
19. Chen X. [et al.], Comparative physiology and proteomics of two wheat genotypes differing in seed storage tolerance, *Plant Physiology and Biochemistry,* 2018, T. 130, pp. 455–463.
20. E`mistim, R (regulyatory` rosta rastenij, pesticidy`), *AgroXXI:* https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/emistim-r-2.html. (In Russ.)
21. Al`bit, TPS (fungicidy`, pesticidy`), *AgroXXI:* https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/albit-tps-2.html. (In Russ.)
22. Bunker, VSK (fungicidy`, pesticidy`), *AgroXXI:* https://www.agroxxi.ru/goshandbook/prep/bunker-vsk-3.html. (In Russ.)
23. Benken A.A., Xrustovskaya V.N., *Tr. VIZR,* 1977, pp. 9–13. (In Russ.)
24. *GOST R 52325-2005* Semena sel`skoxozyajstvenny`x rastenij. Sortovy`e i posevny`e kachestva. Obshhie texnicheskie usloviya (s Popravkoj): https://docs.cntd.ru/document/1200039547?ysclid=lesdh8b4q5729101344. (In Russ.)
25. Gojman E`., *Infekcionny`e bolezni rastenij* (Infectious plant diseases), Moscow: Inostrannaya literatura, 1954, 608 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-150-160
УДК 633.111.1 „321” : 632.4 (470.56)

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ВИР К *PUCCINIA RECONDITE* В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Т.А. Тимошенкова, кандидат сельскохозяйственных наук
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия
E-mail: tim2233@mail.ru

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, бурая листовая ржавчина, устойчивость, вирулентность, сортообразец.

Реферат. *В условиях степной зоны Оренбургской области актуальна проблема повышения устойчивости зернового производства к абиотическим и биотическим стресс-факторам. Опасным биотическим стрессом для растений пшеницы является бурая листовая ржавчина. При постоянном процессе формообразования в природе необходим поиск источников и доноров устойчивости к патогенам в конкретных условиях региона возделывания для включения в селекционный процесс. С целью изучения особенностей популяции Puccinia recondite, исследования генетического разнообразия мировой коллекции яровой мягкой пшеницы и выделения источников устойчивости к бурой листовой ржавчине в условиях степи Оренбургского Предуралья в 2017–2022 гг. проведена полевая оценка 140 образцов. При учёте поражённости бурой ржавчиной использовали методики ВИР и ВИЗР. В исследованиях образцов P. recondite установлена распространённость популяций патогенна, вирулентных к генам Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20 и Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 9, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20. Данные популяции авирулентны к генам Lr 9, 16, 19, 24, 44 и Lr 16, 19, 24, 44. Высокую ювенильную устойчивость проявили сорта Лавруша, Новосибирская 91, Сибирская 16, ОмГАУ-90 (западно-сибирская экогруппа), Спурт и Тулайковская 108 (лесостепная волжская экогруппа), Ажурная (степная южная экогруппа), Актюбе 3 (степная восточная экогруппа), Hoffman (североамериканская экогруппа) и Челяба 75 (лесостепная восточная экогруппа). В полевых условиях не поражались бурой листовой ржавчиной образцы к-64365 Таёжная нива; к-64867 Новосибирская 44; к-64886 Актюбе 27; к-64976 CDC Merlin; к-64998 Фаворит; к-65006 Hoffman; к-65007 GNS-28; к-65128 Алтайская 110; к-65139 Саратовская 74; к-65145 Волхитка; к-65147 Скороспелка 98; к-65253 Омская 41; к-65269 Pin Chum 11; к-65449 Мерцана и к-65450 Ярица. Выделенные образцы рекомендуется использовать для селекционного улучшения яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургской области.*

RESISTANCE OF SAMPLES OF SPRING SOFT WHEAT OF THE WORLD COLLECTION VIR TO PUCCINIA RECONDITE B CONDITIONS OF THE ORENBURG CISDURAL REGION

T.A. Timoshenkova, PhD in Agricultural Sciences
Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
E-mail: tim2233@mail.ru

Keywords: spring soft wheat, brown leaf rust, resistance, virulence, variety specimen.

Abstract. *In the conditions of the steppe zone of the Orenburg region, the problem of increasing the resistance of grain production to abiotic and biotic stress factors is relevant. A dangerous biotic stress for wheat plants is leaf rust. With the constant process of morphogenesis in nature, it is necessary to search for sources and donors of resistance to pathogens in the specific conditions of the cultivation region for inclusion in the breeding process. To study the characteristics of the Puccinia recondite population, the genetic diversity of the world collection of spring soft wheat, and identify sources of resistance to leaf rust in the steppe conditions of the Orenburg Cis-Urals in 2017–2022. A field assessment of 140 samples was carried out. When considering the incidence of leaf rust, we used the methods of VIR (N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Growing) and VIZR (All-Russian Research Institute of Plant Protection). Studies of P. recondite samples have established the prevalence of pathogenic populations virulent to the genes Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20 and Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 9, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20. These populations are avirulent to the genes Lr 9, 16, 19, 24,*

44 and Lr 16, 19, 24, 44. High Juvenile resistance was demonstrated by the varieties Lavrusha, Novosibirskaya 91, Sibirskaya 16, OmGAU-90 (West Siberian eco group), Spurt and Tulaikovskaya 108 (forest-steppe Volga eco group), Azhurnaya (steppe southern eco group), Aktyube 3 (steppe eastern eco group), Hoffman (North American eco group) and Chelyaba 75 (forest-steppe eastern eco group). Under field conditions, samples k-64365 Taiga Niva were not affected by brown leaf rust; k-64867 Novosibirskaya 44; k-64886 Aktobe 27; k-64976 CDC Merlin; k-64998 Favorite; k-65006 Hoffman; k-65007 GNS-28; k-65128 Altaiskaya 110; k-65139 Saratovskaya 74; k-65145 Volkhitka; k-65147 Skorospelka 98; k-65253 Omskaya 41; k-65269 Pin Chum 11; k-65449 Mertsana and k-65450 Yaritsa. The selected samples are recommended for breeding improvement of spring soft wheat in the conditions of the Orenburg region.

В России пшеница была и остаётся одной из главных культур современного аграрного производства. Однако потери урожая от сильных воздействий засух и влияния поражённости болезнями остаются трудно решаемой проблемой. Под влиянием негативных факторов потери могут составлять 30–40%. Совместить в одном сорте устойчивость и высокую продуктивность – сложная задача для селекционеров. Поэтому не теряет актуальности проблема расширения генетического разнообразия сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых как к абиотическим, так и биотическим стресс-факторам. В этих целях необходимо изучение генетического материала разного экологического происхождения для выявления источников с устойчивыми показателями и привлечения его в селекционный процесс.

Одним из наиболее вредоносных биотических стрессоров на Южном Урале является бурая листовая ржавчина, особенно в годы её эпифитотийного проявления [1].

Возбудитель бурой листовой ржавчины (*Puccinia triticina* Eriks.), поражает в основном мягкую пшеницу, а также другие злаковые культуры. Бурая ржавчина относится к группе биотрофов. Гриб является облигатным паразитом, имеет узкую специализацию. В России пшенице вредят свыше 200 биологических рас, различающихся разным уровнем вирулентности.

Вредоносность ржавчины проявляется в снижении ассимиляционной деятельности растений, усилении транспирации, дыхания и нарушении других физиологических и биохимических процессов. Ржавчина нарушает процесс формирования зерна и препятствует образованию глютеиновых компонентов с низкой молекулярной массой, которые влияют на улучшение хлебопекарных свойств муки. Подавляется синтез белка и отложение крахмала, протеина в эндосперме, что обусловливает щуплость зерна. Всё это сказывается на урожайности и качестве зерна. Недобор урожая достигает 15–20% и более [2, 3].

В.П. Лухменёв [1, 4] отмечает, что поражение ржавчиной снижает массу 1000 зерён, содержание клейковины, общего азота, фосфора и посевные качества. На бурное развитие ржавчины в регионе существенное влияние оказывает наличие большего количества дней с росой в период вегетации, повышенное увлажнение в июне – июле, влажная, тёплая погода в августе – октябре, а также мягкая снежная зима. Температурные условия в регионе могут обеспечивать эпифитотию ржавчины в любой год, главный лимитирующий фактор – капельно-жидкая влага в виде росы и дождя.

Распространена бурая ржавчина повсеместно во всех регионах возделывания пшеницы. Болезнь поражает листья и их влагалища, в редких случаях стебли. Основным источником инфекции служат дикие злаковые растения, падалица и озимые культуры. Симптомы болезни проявляются в фазы колошения и цветения [5].

Распространённость бурой ржавчины в Российской Федерации изменялась по посевным площадям в период с 2011 по 2020 г. от 522 до 1304 тыс. га, по Уральскому региону – от 30 до 158 тыс. га. Поражение в годы эпифитотий являлось причиной недобора урожая и снижения качества зерна. Современные сорта, которые возделываются на Урале, в Западной Сибири и в Северном Казахстане, в разной степени поражаются бурой ржавчиной листьев [6].

Растения обладают естественным иммунитетом. М.М. Максимович выделял иммунитет родовой, видовой, сортовой, физиологический, структурный и т.д. [7].

На восприимчивость сортов к болезням влияют как агротехнические приёмы, так и факторы внешней среды (температура воздуха, влажность почвы и т.д.). Повышенная влаж-

ность почвы и воздуха, как правило, снижает устойчивость растений к болезням.

Отечественные и зарубежные учёные ведут исследования природы устойчивости новых сортов пшеницы к бурой ржавчине, структуры и изменчивости её популяций, вирулентности современных рас, постоянный поиск доноров и источников с генами устойчивости [8–10].

Успех селекции на устойчивость к ржавчине, прежде всего, определяется исходным материалом (генетическими ресурсами). Для учёных много лет прекрасным генетическим материалом служит мировая коллекция. Коллекционный материал широко используется в выявлении и изучении источников устойчивости и создании более совершенных сортов пшеницы в определённых условиях регионов возделывания [11–14].

В современной науке в исследованиях бурой ржавчины пшеницы всё большее распространение находят молекулярно-генетические подходы. Для идентификации генов устойчивости применяются молекулярные маркеры. В популяционных исследованиях используют RAPD-, AFLP- и SSR-анализы. В ряде работ для скрининга пшеницы применяются SNP-, STS-, SCAR-маркеры [15–20].

Учёными Всероссийского института защиты растений (ВИЗР) на базе длительных исследований оценено разнообразие современных российских сортов мягкой пшеницы по устойчивости к воздействию бурой ржавчины. Установлено, что смена старых сортов на сорта с генами устойчивости позволяет снизить воздействие бурой ржавчины на продуктивность [15].

При помощи оригинального набора вирулентности Л.А. Михайловой [21] определено существование в России и странах СНГ нескольких популяций *Puccinia triticina* Eriks: «европейской, занимающей территорию от северо-западной части РФ до Поволжья; азиатской (Урал, Казахстан, Западная Сибирь); кавказской и дальневосточной».

Для успешной селекции на устойчивость пшеницы к бурой ржавчине наряду с достаточным количеством генетически разнообразных доноров устойчивости к болезни необходимы знания закономерностей изменчивости популяций возбудителя. Разнообразие по генам устойчивости способствует поддержанию высокого уровня генетической защиты пшеницы. К настоящему времени идентифицировано свыше 77 Lr-генов. Из них устойчивость взрослых растений в полевых условиях обеспечивают Lr12, Lr13, Lr22a, Lr22b, Lr34, Lr35, Lr37, Lr46, Lr48, Lr67 и Lr77. На эффективность Lr-генов существенное влияние оказывает вирулентность региональных популяций возбудителя бурой ржавчины. Так, в экспериментах для условий Западной Сибири выявлена высокая эффективность генов Lr19, Lr24, Lr29, Lr41, Lr42, Lr45, Lr47, Lr51, Lr53 и Lr57 [22–24].

Исследования мировой коллекции разными учёными позволили выделить образцы с генами устойчивости для включения в селекционный процесс. В результате были идентифицированы гены устойчивости у образцов коллекции: Челяба 75 – LrSp; Омская краса – Lr1; Тулайковская 105, Тулайковская 108, Тулайковская 110 – LrAq6i1 + Lr19; Мария 1 – Lr9 + Lr10; Саратовская 29, Баганская 95, Омская 35, Памяти Афродиты – Lr10, Тулайковская 108 – Lr19 + Lr6Aqi; Омская 37, Омская 41 – Lr19 + Lr26; Василиса, Тризо – Lr20 , Новосибирская 31, Геракл – Lr26; Маргарита – Lr49 + Lr34 + Lr10; Мелодия – Lr26 + Lr1, Белянка, Фаворит – LrBel; Александрина – Lr9; Новосибирская 44, Челяба степная – Lr9 + Lr1 + Lr10; Прохоровка – Lr26 + Lr10 + Lr23 и т.д. В разных регионах по комплексной устойчивости к болезням выделены сортообразцы Башкирская 28, Оренбургская 23, Срибнянка, Bombona, Омская 23, Омская 39, Омская 37, Геракл, Лавруша, Челяба степная, Челяба золотистая, Радуга, Саяногорская, Фаворит, Спрут, Актюбе 19, Актюбе 92, Аншлаг, Сюита, Харьковская 30, Кворум, Triso, Ethos, PS-90, AC Cabriel, Jasna. Установлено, что высокий иммунитет к бурой ржавчине в условиях Южного Урала обеспечивает ген LrSp [14, 25–27].

Посевы яровой мягкой пшеницы в Оренбургской области также подвержены сильному влиянию бурой ржавчины. Это наносит существенный ущерб зерновому производству в связи со снижением продуктивности применяемых сортов. Одной из мер борьбы с данной болезнью является внедрение устойчивых сортов.

Цель исследований – изучить особенности популяции *Puccinia recondite* и генетическое разнообразие мировой коллекции пшеницы

в условиях степи Оренбургского Предуралья, выделить источники устойчивости к бурой листовой ржавчине для включения в процесс гибридизации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научную работу проводили в 2017–2022 гг. на опытном поле коллекционного питомника отдела селекции и семеноводства зерновых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биотических систем и агротехнологий Российской академии наук», расположенном в степной зоне Оренбургского Предуралья (Оренбургский район, п. Чебеньки).

Полевую оценку на естественном инфекционном фоне проходили 140 образцов яровой мягкой пшеницы мировой коллекции ВИР. Опытные делянки закладывали в оптимальные сроки для данного региона возделывания (в первой декаде мая) сеялкой ССФК-7. Предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 10 м^2 по типу контрольного питомника. Повторность трехкратная. В качестве стандарта высевали сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 42. Ржавчину учитывали в фазы колошения, образования, налива и созревания зерна. При учёте пораженности бурой ржавчиной использовали методики ВИР и ВИЗР [28, 29].

Лабораторные исследования 86 образцов проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений (ВИЗР, г. Санкт-Петербург, Пушкин), в лаборатории микологии и фитопатологии.

«Растения выращивали в сосудах с почвой. В фазе первого листа их опрыскивали суспензией спор каждого изолята и популяции в иммерсионной жидкости 3M™ Novec 7100. После заражения растения помещали на светоустановку с контролируемыми условиями (температура 20 °С, фотопериод 16 ч день/8 ч ночь). Тип реакции пшеницы определяли по шкале Мейнса и Джексона, где: 0 – отсутствие симптомов некроза без пустул; 1 – очень мелкие пустулы, окружённые некрозом; 2 – пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 – пустулы среднего размера без некроза; 4 – крупные пустулы без некроза; Х – пустулы на одном и том же листе разных типов, присутствуют хлорозы и некрозы. Растения, поражение которых составляло 0–2 балла, относили к устойчивым (R), с баллами 3, 4 – восприимчивым (S), со смешанным типом Х – к умеренно восприимчивым (MS)» [24].

Учитывая, что на развитие болезней сильное влияние оказывают условия внешней среды, был проведён анализ метеорологических условий региона исследований (табл.1).

Погодные условия были контрастными. Так, 2017 г. был среднеувлажнённым. Сумма активных температур воздуха за май – август составила 2408,5 °С, сумма осадков – 182,7 мм, ГТК – 0,76. За период вегетации яровой мягкой пшеницы сумма активных температур по сортам менялась от 1098,9 до 1364,9 °С, сумма осадков была равна 120 мм, а гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) изменялся в пределах 0,88–1,09. При этом острозасушливые условия наблюдались в периоды налива – созревания. В первой половине вегетации сочетание температурного и водного режимов благоприятствовало развитию как растений, так бурой листовой ржавчины. В 2017 г. наблюдалась эпифитотия бурой листовой ржавчины.

Таблица 1

Анализ метеорологических условий в годы исследований
Analysis of meteorological conditions during the years of research

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	Декада											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Среднесуточная температура воздуха, °С												
2017	15,2	13,1	14,6	14,7	18,6	21,2	22,0	22,0	24,2	24,1	21,2	23,7
2018	15,4	17,4	16,9	15,0	17,4	23,8	27,5	24,5	24,6	23,9	20,5	18,8

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2019	17,1	18,3	17,9	20,5	19,8	24,2	21,5	24,5	21,9	18,3	20,9	17,4
2020	16,0	12,5	18,1	20,0	19,8	17,6	22,2	27,8	22,6	24,1	16,4	19,9
2021	15,3	21,0	22,9	20,3	23,4	27,2	25,4	22,8	22,0	25,4	23,5	24,2
2022	10,0	11,9	14,1	18,7	19,7	18,9	18,8	25,5	22,3	24,7	21,5	24,5
Норма	13,7	15,4	16,7	18,9	20,8	21,7	22,2	21,7	22,3	21,1	20,0	18,6
Сумма осадков, мм												
2017	7,0	6,0	14,0	34,0	46,0	8,0	3,0	9,0	0,0	5,0	0,7	0,0
2018	1,0	36,0	11,0	11,0	0,0	3,0	6,0	11,0	22,0	1,0	9,0	0,0
2019	0,9	8,0	2,0	24,0	2,0	0,8	24,0	6,4	8,0	14,0	6,0	6,0
2020	5,7	31,4	6,1	3,7	0,0	14,6	0,0	9,7	14,7	9,6	26,1	0,0
2021	0,0	1,5	4,6	7,1	0,8	6,0	0,7	2,8	11,5	0,0	0,0	0,0
2022	3,0	40,9	86,2	10,8	0,6	10,0	39,0	0,0	58,0	0,6	0,0	0,0
Норма	12,0	12,0	13,0	14,0	15,0	15,0	16,0	15,0	15,0	11,0	10,0	10,0
Гидротермический коэффициент (ГТК)												
2017	0,46	0,46	0,87	2,31	2,47	0,38	0,14	0,41	0,00	0,21	0,03	0,00
2018	0,06	2,07	0,59	0,73	0,00	0,13	0,22	0,45	0,81	0,04	0,44	0,00
2019	0,05	0,44	0,10	1,17	0,10	0,03	1,12	0,26	0,33	0,77	0,29	0,31
2020	0,36	2,51	0,31	0,19	0,00	0,83	0,00	0,35	0,59	0,40	1,59	0,00
2021	0,00	0,07	0,18	0,35	0,03	0,22	0,03	0,12	0,48	0,00	0,00	0,00
2022	0,30	3,44	5,56	0,58	0,03	0,53	2,07	0,0	2,36	0,02	0,00	0,00

Для 2018 г. были характерны засушливые условия. Сумма активных температур воздуха с мая по август составляла 2517,3 °С, осадков выпало всего 111 мм. За период вегетации яровой пшеницы сумма активных температур воздуха составила 1610,2–1651,5 °С, сумма осадков – 79 мм. Величина гидротермического коэффициента 0,43. Развития бурой ржавчины практически не наблюдалось.

За вегетационный период в 2019 г. сумма активных температур воздуха изменялась от 1780,7 до 2060,2 °С, количество осадков составляло 87,2–96,2 мм, ГТК 0,46–0,47. Сумма активных температур от посева до всходов изменялась от 108,6 до 144,8 °С, в период «всходы – колошение» – от 739,8 до 899,3 °С, «колошение – созревание» – от 844,1 до 1072,0 °С. Этот год был для развития растений засушливым, наблюдалось крайне неравномерное выпадение осадков. Поражение ржавчиной выявлено на ряде сортообразцов.

По полученным метеоданным, 2020 г. также был засушливым. Сумма активных температур в период май–август была равна 2430,6 °С, сумма осадков – 121,6 мм, гидротермический коэффициент – 0,50. Наблюдалось слабое развитие исследуемого патогена.

Особенностью 2021 г. были экстремально засушливые условия. Сумма активных температур воздуха – май – август составила 2811,9 °С, осадков – 35 мм, ГТК – 0,12. За период вегетации пшеницы сумма температур воздуха была в пределах 1577,0 – 1807,8 °С. Атмосферных осадков выпало 28,9 мм. На этом фоне ГТК равнялся 0,16–0,18. Осадков в период вегетации практически не выпадало. Развитие болезни не выявлено. На посевах пшеницы отмечена пустоколосость и гибель растений в фазу колошения.

Влажным был лишь 2022 г. Сумма активных температур в период с мая по август составила 2366,9 °С, осадков – 249,1 мм, ГТК – 1,05. В период развития пшеницы сумма температур равнялась 1621,8–1909,2 °С, осадков – 121,7–122,9 мм, ГТК – 0,64–0,76. Сильного проявления бурой ржавчины не отмечено.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В научной литературе указывается, что устойчивость зерновым культур к ржавчинам проявляется во всех фазах онтогенеза (в фазу всходов отмечается ювенильная устойчивость) или только как возрастная устойчивость у взрослых растений [24, 25, 29]. Поэтому для объективной оценки образцов яровой мягкой пшеницы проводились исследования как в полевых условиях на взрослых растениях, так и на проростках в лаборатории.

На протяжении 6 лет в полевых условиях степи Оренбургского Предуралья нами были изучены образцы мировой коллекции мягкой пшеницы отечественной и зарубежной селекции. Образцы по происхождению мы распределили на экологические группы: лесная северорусская, лесостепная западно-сибирская, лесная восточно-сибирская, лесостепная восточная, степная волжская, лесостепная волжская, китайская, североамериканская, степная южная и степная восточная.

Для данной статьи нами был отобран отрезок научной работы с коллекционным материалом, который является малым звеном будущей докторской работы.

Коллекционные образцы яровой мягкой пшеницы на естественном инфекционном фоне в разной степени поражались бурой ржавчиной листьев. В изученных экологических группах наблюдалась сильная вариация по устойчивости к ржавчине (табл. 2). Так, в 2017 г. отмечено наибольшее развитие болезни (эпифитотия). В лесостепной западно-сибирской, степной южной и степной восточной группах иммунитет к данному патогену показали 9,1% образцов пшеницы; в лесной северорусской, лесной восточно-сибирской, лесостепной восточной и китайской группах – 18,2%; в лесостепной волжской и североамериканской – 37,5% и в степной волжской – 57,1%. Сильная степень поражения выявлена в степной восточной и североамериканской группах. В данных группах 62,5–63,6% образцов пшеницы имели 4-балльное поражение бурой ржавчиной. В 2018–2020 гг. наблюдалось слабое развитие болезни, были поражены отдельные сортообразцы мировой коллекции пшеницы. В 2021 г. при экстремально засушливых условиях бурая ржавчина находилась в депрессивном состоянии. В 2022 г. поражались отдельные образцы мягкой пшеницы в лесостепной волжской, степной восточной и лесостепной восточной экологических группах.

В результате полевого обследования установлено, что не поражались бурой листовой ржавчиной следующие сорта: к-65449 Мерцана (лесная северорусская группа); к-65128 Алтайская 110, к-64867 Новосибирская 44, к-65253 Омская 41(лесостепная западно-сибирская группа); к-65145 Волхитка, к-64365 Таёжная нива (лесная восточно-сибирская группа); к-65139 Саратовская 74, к-64998 Фаворит (степная волжская группа); к-65450 Ярица (лесостепная волжская группа); к-65007 GNS-28, к-65269 Pin Chum 11 (китайская группа); к-65147 Скороспелка 98 (степная южная группа*);* к- 64886 Актюбе 27 (степная восточная группа); к-64976 CDC Merlin, к-65006 Hoffman (североамериканская группа).

Таблица 2

Степень поражения образцов мировой коллекции бурой ржавчиной листьев
Degree of damage to samples from the world collection by leaf rust

Экологическая группа	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	балл	%	балл	%	балл	%	балл	%	балл	%	балл	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Лесная северорусская	0 – 4	0–40	0	0	0–1	0–2	0	0	0	0	0	0
Лесостепная западно-сибирская	0–4	0–75	0–2	0–15	0–3	0–30	0–1	0–5	0	0	0	0
Лесная восточно-сибирская	0–4	0–75	0	0	0–2	0–10	0	0	0	0	0	0
Степная волжская	0–4	0–60	0	0	0–2	0–10	0–2	0–10	0	0	0	0
Лесостепная волжская	0–4	0–100	0–1	0–3	0	0	0–2	0–10	0	0	0–1	0–5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Китайская	0–4	0–50	0	0	0–2	0–30	0	0	0	0	0	0
Степная южная	0–4	0–50	0	0	0–2	0-20	0	0	0	0	0	0
Степная восточная	0–4	0–55	0	0	0–2	0–25	0	0	0	0	0–2	0–15
Североамериканская	0–4	0–70	0	0	0–2	0–20	0	0	0	0	0	0
Лесостепная восточная	0–4	0–70	0	0	0	0	0–1	0–5	0	0	0–2	0–15

Ранее в процесс гибридизации в качестве родительских форм были включены образцы коллекции: к-64998 Фаворит, к-65006 Hoffman, к-64886 Актюбе 27, к-64867 Новосибирская 44, к-65123 ФПЧ-Ppd-s0, к-65101 Воронежская 10, к-64101 Воронежская 12, Саратовская 64, Саратовская 29, Прохоровка, Белянка, к-64897 Tybalt, к-64872 Челяба степная, к-64866 Лубнинка, к-65143 Челяба золотистая, к-64879 Соановская 5, Саратовская 55, к-65465 Lr B, к-64887 Степная 2, к-65120 Геракл. На данном этапе научной работы, полученные гибридные формы изучаются в селекционных питомниках по классической схеме.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте защиты растений был проведён анализ 86 сортов для изучения ювенальной устойчивости к бурой листовой ржавчине в фазу проростков, а также проведён ПЦР-анализ для характеристики популяций *P. recondite*, распространённых в степи Оренбургского Предуралья. В качестве материалов для исследования послужили высушенные под прессом листья и семена.

Изучение популяций бурой листовой ржавчины, выделенных на образцах к-48114, Саратовская 42 (наиболее распространённый сорт в сельскохозяйственном производстве региона) и к-65811, Long Chum 7 (сорт китайской селекции), показало их разную вирулентность. Так в исследованиях образцов *P. recondite* установлена распространённость популяций патогена вирулентных к генам устойчивости Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18 , 20 и Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 9, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20. Данные популяции авирулентны к генам устойчивости Lr 9, 16, 19, 24, 44 и Lr 16, 19, 24, 44 (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика образцов популяций *P. recondite* Оренбургской области
Characteristics of samples of *P. recondite* populations in the Orenburg region

№ п/п	Образец	Вирулентность	Авирулентность
1	к-48114 Саратовская 42	Lr 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20	Lr 9, 16, 19, 24, 44
2	к-65811 Long Chum 7	Lr1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3bq, 3ka, 9, 11, 14a, 14b, 15, 17, 18, 20	Lr 16, 19, 24, 44

Лабораторные опыты показали, что при исскуственном заражении бурой листовой ржавчиной в фазу проростков в экологических группах выделяются образцы с разным типом реакции: устойчивые, умеренно восприимчивые и восприимчивые (табл. 4). В лесной северорусской экологической группе все исследованные образцы были восприимчивы к патогену (тип реакции 3 балла). Исключение составили образцы Мерцана с умеренной восприимчивостью (тип реакции 2 балла) и Ленинградская 6 с сильной восприимчивостью (тип реакции 4 балла). Образцы пшеницы лесной восточно-сибирской экологической группы были восприимчивы к ржавчине (тип реакции 3–4 балла). В лесостепной западно-сибирской экологической группе 82,8% образцов имели поражение патогеном на уровне 3–4 балла. В данной группе выделены образцы: Лаврушa, ОмГАУ-90 и Сибирская 16 с поражением 0–1 балла, Новосибирская 91 с поражением 1–2 балла и Лубнинка – 3 балла. В лесостепной волжской экологической группе степень поражения колебалась в пределах 0–4 балла. Устойчивыми были Спурт и Тулайков-

ская 108 (тип реакции 0–1 балл). В лесостепной восточной экологической группе образец Челяба степная поражался в умеренной степени (2–3 балла) и Челяба 75 был устойчив (0–1 балл). Из степной волжской экологической группы образцы Саратовская 66 и Саратовская 68 имели поражение 2 балла. Остальные изученные сортообразцы были сильновосприимчивыми к бурой ржавчине (4 балла). В степной восточной экологической группе у образца Актюбе 3 поражение ржавчиной составило 0–1 балл и у образца Актюбе 27 – 2–3 балла. Другим образцам данной группы было характерно сильное поражение патогеном (3–4 балла). Из степной южной экологической группы выделяется Ажурная с поражением 1–2 балла и Срібнянка – 2–3 балла. Сортообразцы китайской группы были восприимчивы к бурой ржавчине (3–4 балла), кроме CNS-28 с умеренной восприимчивостью (2–3 балла). В североамериканской группе устойчивостью выделяется Hoffman (0–1 балл). Другие образцы в данной группе имели восприимчивость 3 балла.

Таким образом, устойчивые сортообразцы пшеницы выявлены в лесостепной западно-сибирской, лесостепной волжской, степной южной, степной восточной, североамериканской и лесостепной восточной группах.

Таблица 4

Восприимчивость экологических групп пшеницы к бурой ржавчине в фазу проростков
Susceptibility of ecological groups of wheat to leaf rust in the seedling phase

Экологическая группа	Тип реакции к патогену, баллов
Лесная северорусская	2–4
Лесная восточно-сибирская	3–4
Лесостепная западно-сибирская	0–4
Лесостепная волжская	0–4
Лесостепная восточная	0–4
Степная волжская	2–4
Степная восточная	0–4
Степная южная	1–4
Североамериканская	0–4
Китайская	2–4

Высокую ювенильную устойчивость в результате искусственного заражения проростков проявили сорта Лаврушa, Новосибирская 91, Сибирская 16, ОмГАУ-90 (западно-сибирская группа), Спурт и Тулайковская 108 (лесостепная волжская группа), Ажурная (степная южная группа), Актюбе 3 (степная восточная группа), Hoffman (североамериканская группа) и Челяба 75 (лесостепная восточная группа), а 97,6% исследованных образцов имели поражения патогеном от средней до сильной степени.

ВЫВОДЫ

1. Популяции *P. recondite*, распространённые в степной зоне Оренбургского Предуралья, отличаются авирулентностью к генам Lr 9, 16, 19, 24, 44 и Lr 16, 19, 24, 44. Данную особенность популяций патогена следует учитывать в селекционной работе.

2. В лабораторных и полевых экспериментах у образцов мировой коллекции ВИР яровой мягкой пшеницы, установлена разная степень проявления иммунитета к популяциям бурой ржавчины листьев пшеницы распространённым в степи Оренбургского Предуралья.

3. Высокая устойчивость в фазу проростков отмечена у сортообразцов Ажурная, Актюбе 3, Лаврушa, Новосибирская 91, ОмГАУ-90, Сибирская 16, Спурт, Тулайковская 108, Челяба 75 и Hoffman.

4. В полевых условиях не поражались бурой листовой ржавчиной образцы к-64365 Таёжная нива, к-64867 Новосибирская 44, к-64886 Актюбе 27, к-64976 CDC Merlin, к-64998 Фаворит, к-65006 Hoffman, к-65007 GNS-28, к-65128 Алтайская 110, к-65139 Саратовская 74, к-65145

Волхитка, к-65147 Скороспелка 98, к-65253 Омская 41, к-65269 Pin Chum 11, к-65449 Мерцана и к-65450 Ярица.

5. Выделившиеся по устойчивости к бурой листовой ржавчине сортообразцы коллекции ФИЦ ВИГРР (ВИР) можно рекомендовать для селекции на повышение иммунитета пшеницы в степной зоне Оренбургского Предуралья.

За помощь в проведении лабораторных исследований выражаю большую благодарность Е.И. Гультяевой, доктору биотических наук (Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лухменёв В.П.* Защита зерновых культур от вредителей болезней и сорняков на Южном Урале. – Оренбург: Изд. центр ОГАУ, 2000. – С. 44–57.
2. *Пересыпкин В.Ф.* Болезни зерновых культур. – М.: Колос, 1979. – 280 с.
3. *Колесниченко Т.В.* Анализ вредоносности и распространённости бурой ржавчины в Краснодарском крае на 2018–2022 // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 90–4. – С. 17–19.
4. *Лухменёв В.П.* Разработка интенсивной технологии возделывания зерновых культур, кукурузы на зерно в юго-западной зоне Оренбургской области // Обзор результатов научных исследований по защите растений в научных учреждениях Европейской части РСФСР за 1988 год: Информация ВНИИЗР. – Воронеж, 1988. – С. 36.
5. *Структура* популяций листовых патогенов яровой пшеницы в западно-азиатских регионах России и Северном Казахстане в 2017 г. / Е.И. Гультяева, Н.М. Коваленко, В.П. Шаманин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 3. – С. 363–369. – DOI: 10.18699/VJ18.372.
6. *Кекало А.Ю, Зарганян Н.Ю., Немченко В.В.* Распространение фитопатогенов на зерновых яровых культурах в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 11 (226). – С. 14–22.
7. *Максимович М.М.* Селекция и семеноводство полевых культур. – М: Сельхозиздат, 1962. – 408 с.
8. *Структура* российских популяций гриба Pucnia triticin Eriks / Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев [и др.] // Вестник защиты растений. – 2015. – № 3 (85). – С. 5–10.
9. *Рипбергер Е.И., Боме Н.А., Траутц Д.* Устойчивость к листовым фитопатогенам гибридных (F_4,F_5) форм яровой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) в различных эколого-географических условиях // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 629–635. – DOI: 10.18699/VJ16.184.
10. *Источники* и доноры для селекции яровой пшеницы на устойчивость к стрессорным факторам среды / Ю.В. Зеленева, В.П. Судникова, В.В. Плахотник [и др.] // Вопросы современной науки и практики. – 2017. – № 3 (65). – С. 17–25.
11. *Кочмарский В.С., Хоменко С.О., Федоренко И.В.* Оценка коллекционных образцов пшеницы мягкой по устойчивости к листовым грибным болезням в лесостепи Украины // Земледелие и селекция в Белоруси. – 2015. – № 51. – С. 320–326.
12. *Маркелова Т.С.* Скрининг мирового о генофонда яровой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине и идентификация LR-генов у некоторых сортов и селекционных линий // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 5. – С. 18–21.
13. *Писарев В.В., Зуев Е.В., Брыкова А.Н.* Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 7 (22). – С. 784–794.
14. *Исходный* материал для селекции мягкой пшеницы в условиях Кировской области / О.С. Амунова, Л.В. Волкова, Е.В. Зуев [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 5. – С. 661–675. – DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675.
15. *Гультяева Е.И., Казарцева И.А.* Молекулярно-генетические подходы в изучении популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы // Вестник защиты растений. – 2018. – № 2 (96). – С. 5–12.
16. *Identification* of leaf rust resistance genes in selected wheat cultivars and development of multiplex PCR / A. Tomkowiak, R. Skowroǹska, A. Buda [et al.] // Open Life Sciences. – 2019. – Vol. 14 (1). – P. 327–334. – DOI: 10.1515/boil-2019-0036.

17. *Genome-wide association* mapping for resistance to leaf, stem, and yellow rusts of common wheat under field conditions of South Kazakhstan / Y. Genievskaya, Y. Turuspekov, A. Rsaliyev, S. Abugalieva // Peer J. – 2020. – Vol. 8. – P. 9820. – DOI: 10.7717/peerj.9820.
18. *Breeding* Wheat for Durable Leaf Rust Resistance in Southern Africa: Variability, Distribution, Current Control Strategies, Challenges and Future Prospects / S. Figlan, K. Ntushelo, L. Mwadzingeni [et al.] // Front Plant Sci. – 2020. – Vol. 11. – P. 549. – DOI: 10.3389/fpls.2020.00549.
19. *Mining* of leaf rust resistance genes content in Egyptian bread wheat collection / M.A.M. Atia, E.A. El-Khateeb, R.M. Abd El-Maksoud [et al.] // Plants. – 2021. – Vol. 10 (7). – P. 1378. – DOI: 10/3390/plants10071378.
20. *Harnessing* genetic resistance to rusts in wheat and integrated rust management methods to develop more durable resistant cultivars / J. Mapuranga, N. Zhang, L. Zhang [et al.] // Front Plant Sci. – 2022. – Vol. 13. – P. 951095. – DOI: 10.3389/fpls.2022.951095.
21. *Михайлова Л.А.* Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы / под. ред. акад. РАСХН М.М. Левитина. – СПб.: ВИЗР, 2006. – 80 с.
22. *Фенотипический* состав *Puccinia triticina* на образцах мягкой пшеницы в Омской области в 2016 г. / Е.И. Гультяева, В.П. Шаманин, Е.Л. Шайдаюк [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 2 (43). – С. 16–23.
23. *Гультяева Е.И., Шайдаюк Е.Л.* Идентификация генов устойчивости к бурой ржавчине у новых российских сортов мягкой пшеницы // Биотехнология и селекция растений. – 2021. – Т. 4, № 2. – С.15–27. – DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-o2.
24. *Разнообразие* новых российских сортов мягкой пшеницы по генам устойчивости к бурой ржавчине / Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк, В.В. Веселова [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 4. – С. 208–218. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-208-218.
25. *Сидоров А.В., Лебедева Т.В., Тырышкин Л.Г.* Эффективная ювенильная устойчивость сортов яровой пшеницы к листовой ржавчине и мучнистой росе // Известия Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (51). – С. 84–88.
26. *Сочалова Л.П., Пискарев В.В.* Устойчивость образцов мягкой пшеницы к *Blumeria graminis* и *Puccinia recondita* с известными генами устойчивости // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 11. – С. 34–42. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108.
27. *Селекция* яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листостебельным болезням на Южном Урале / Е.И. Гультяева, В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 1. – С. 8–12. – DOI: 10.31857/S2500262721020026.
28. *Пополнение*, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: метод. указания / А.Ф. Мережко [и др.]. – СПб., 1999. –82 с.
29. *Изучение* генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам: метод. пособие / Е.Е. Радченко [и др.]. – М.: РАСХН, 2008. – С. 5–31.

REFERENCES

1. Lukhmenev V.P., *Zashchita zernovykh kul'tur ot vrediteley bolezney i sornyakov na Yuzhnom Urale* (Protection of grain crops from pests, diseases and weeds in the South Urals), Orenburg: OSAU Publishing Centre, 2000, pp. 44–57.
2. Peresypkin V.F., *Bolezni zernovykh kul'tur* (Diseases of cereal crops), Moscow: Kolos, 1979, 280 p.
3. Kolesnichenko T.V., *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2022, No. 90–4, pp. 17–19. (In Russ.)
4. Lukhmenev V.P., *Obzor rezul'tatov nauchnykh issledovaniy po zashchite rasteniy v nauchnykh uchrezhdeniyakh Evropeyskoy chasti RSFSR za 1988 god: Informatsiya VNIIZR* (Review of the results of scientific research on plant protection in scientific institutions of the European part of the RSFSR for 1988: Information from VNIIZR), Voronezh, 1988, p. 36. (In Russ.)
5. Gultyaeva E.I., Kovalenko N.M., Shamanin V.P. [et al.], *Vavilovskiy zhurnal selektsii i genetiki*, 2018, Vol. 22, No. 3, pp. 363–369, DOI: 10.18699/VJ18.372. (In Russ.)
6. KekaloA.Yu., ZarganyanN.Yu., Nemchenko V.V., *Agragnyy vestnik Urala*, 2022, No. 11 (226), pp. 14–22. (In Russ.)
7. Maksimovich M.M., *Selektsiya i semenovodstvo polevykh kul'tur* (Selection and seed production of field crops), Moscow: Selkhozizdat, 1962, 408 p.

8. Gultyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Kazartsev I.A. [et al.], *Vestnik zashchity rasteniy*, No. 3 (85), pp. 5–10. (In Russ.)
9. Ripberger E.I., Bome N.A., Trautz D., *Vavilovskiy zhurnal selektsii i genetiki*, 2016, Vol. 20, No. 5, pp. 629–635, DOI: 10.18699/VJ16.184. (In Russ.)
10. Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P., Plakhotnik V.V. [i dr.], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki*, 2017, No. 3 (65), pp. 17–25. (In Russ.)
11. Kochmarsky V.S., Khomenko S.O., Fedorenko I.V., *Zemledelie i selektsiya v Belorusii*, 2015, No. 51, pp. 320–326. (In Russ.)
12. Markelova T.S., *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2016, No. 5, pp. 18–21. (In Russ.)
13. Pisarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N., *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, 2018, No. 7 (22), pp. 784–794. (In Russ.)
14. Amunova O.S., Volkova L.V., Zuev E.V. [et al.], *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021, Vol. 22, No. 5, pp. 661–675, DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675. (In Russ.)
15. Gultyaeva E.I., Kazartseva I.A., *Vestnik zashchity rasteniy*, 2018, No. 2 (96), pp. 5–12. (In Russ.)
16. Tomkowiak A., Skowroǹska R., Buda A., Kurasiak-Popowska D., Na-wracala J., Kowalczewski L., Pluta M., Radzikowska D., Identification of leaf rust re-sistance genes in selected wheat cultivars and development of multiplex PCR, *Open Life Sciences*, 2019, Vol. 14 (1), pp. 327–334, DOI: 10.1515/boil-2019-0036.
17. Genievskaya Yu., Turuspekov Ye., Rsaliyev A., Abugalieva S., Genome-wide association mapping for resistance to leaf, stem, and yel-low rusts of common wheat under field conditions of South Kazakhstan, *Peer J.*, 2020, Vol. 8, pp. 9820, DOI: 10.7717/peerj.9820.
18. Figlan S., Ntushelo K., Mwadzingeni L. [et al.], Breeding Wheat for Durable Leaf Rust Resistance in Southern Africa: Variability, Distribution, Current Control Strategies, Challenges and Future Prospects, *Front Plant sci*, 2020, Vol. 11, pp. 549, DOI: 10.3389/fpls.2020.00549.
19. Atia M.A.M., El-Khateeb E.A., Abd El-Maksoud R.M., Abou-Zeid M.A., Salah A., Abdel-Hamid A.M.E., Mining of leaf rust resistance genes content in Egyptian bread wheat collection, *Plants*, 2021, Vol. 10 (7), pp. 1378, DOI: 10/3390/plants10071378.
20. J. Mapuranga, N. Zhang, L. Zhang [et al.], Harnessing genetic resistance to rusts in wheat and integrat-ed rust management methods to develop more durable cultivars, *Front Plant Sci*., 2022, Vol. 13, pp. 951095, DOI: 10.3389/fpls.2022.951095.
21. Mikhailova L.A., *Genetika vzaimootnosheniy vozbuditelya buroy rzhavchiny i pshenitsy* (Genetics of the relationship between the causative agent of brown rust and wheat), Sankt-Petersburg: VIZR, 2006, 80 p.,
22. Gultyaeva E.I., Shamanin V.P., Shaydayuk E.L. [et al.], *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2017, No. 2 (43), pp. 16–23. (In Russ.)
23. Gultyaeva E.I., Shaydayuk E.L., *Biotekhnologiya i selektsiya rasteniy*, 2021. V. 4 No. 2. P.15-27. DOI: 10.30901/2658-6266-2021-2-o2. (In Russ.)
24. Gultyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Veselova V.V. [et al.], *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2022, Vol. 183, No. 4, pp. 208–218, DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-208-218. (In Russ.)
25. Sidorov A.V., Lebedeva T.V., Tyryshkin L.G., *Izvestiya Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 2 (51), pp. 84–88. (In Russ.)
26. Sochalova L.P., Piskarev V.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, Vol. 33, No. 11, P. 34–42, DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11108. (In Russ.)
27. Gultyaeva E.I., Tyunin V.A., Schreider E.R. [et al.], *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2021, No. 1, pp. 8–12, DOI: 10.31857/S2500262721020026. (In Russ.)
28. Merezhko A.F. [et al.], *Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoy kollektsii pshenitsy, egilopsa i tritikale* (Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale), Sankt-Petersburg, 1999, 82 p.
29. Radchenko E.E. [i dr.], *Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoy kollektsii pshenitsy, egilopsa i triticale* (Study of the genetic resources of grain crops for resistance to pests), Mjscow: RAAS, 2008, P. 5–31.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-161-168
УДК 633.31/37 632.952

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТАКТНОГО И СИСТЕМНОГО ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СОИ В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Ю. Торопова, доктор биологических наук, профессор
И.А. Каменев, магистрант
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: 89139148962@yandex.ru

Ключевые слова: соя, семена, корневая гниль, протравливание, инокулянты, контактный протравитель, системный протравитель, биологическая эффективность, хозяйственная эффективность.

Реферат. *Цель исследования заключалась в оценке биологической и хозяйственной эффективности фунгицидных протравителей сои разного механизма действия в баковой смеси с инокулянтами в лесостепи Новосибирской области. Исследования проводили в 2019–2022 гг. в условиях северной лесостепи Новосибирской области по общепринятым методикам. Для исследований были использованы: системный протравитель Баритон (протиоконазол 37,5 г/л + флуоксастробин 37,5 г/л) в норме 1,5 л/т и контактный Максим (флудиоксонил 25 г/л) в норме 2,0 л/т, инокулянтом послужил ХайКоут Супер Соя (ХКСС) 1,42 л/т совместно с питательной средой ХайКоут Супер Экстендер (ХКСЭ) 1,42 л/т. В среднем за четыре года развитие корневых гнилей сои по предшественнику озимая пшеница превышало порог вредоносности в контрольном варианте по годам в 1,3–2,7 раза, максимальный показатель был отмечен в засушливом 2022 г., когда растения сои испытывали двойной стресс – гидротермический и биотический. В течение вегетации из подземных органов сои были выделены F. oxysporum, F. poae, F. equseti, F. sporotrichioides, F. solani и др. В патогенный комплекс корневых гнилей сои входили также грибы родов Pythium и Rhizoctonia. Биологическая эффективность обработки семян против корневых гнилей составляла 40,2–76,4% и была выше, когда всходы сои развивались в увлажненных условиях. Хозяйственная эффективность обработки семян составила по годам 103–347% с максимумом в увлажненные годы. Лучшим вариантом предпосевной обработки семян признан контактный протравитель Максим, 2,0 л/т в баковой смеси с инокулянтом ХайКоут Супер Соя (ХКСС), 1,42 л/т совместно с питательной средой ХайКоут Супер Экстендер (ХКСЭ), 1,42 л/т. Оба фунгицидных протравителя показали бактерицидное действие на симбиотические азотофиксирующие бактерии, снижая число клубеньков до 43,2%, их массу – до 38,1%. Протравливание и инокуляция семян сои оказали положительное влияние на качество полученного урожая. Содержание протеина было наибольшим в варианте Баритон совместно с инокулянтами ХКСС + ХКСЭ и составило 41,4% при 36,8% в контроле. Протравители оказали достоверное положительное влияние на качество семян сои нового урожая, самое лучшее последействие выявлено в варианте Максим, 2,0 л/т + инокулянты, где распространенность всех фитопатогенов была ниже ЭПВ, а всхожесть – максимальной.*

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF CONTACT AND SYSTEMIC FUNGICIDES FOR TREATING SOYBEAN SEEDS IN THE FOREST-STEPPE OF THE NOVOSIBIRSK REGION

E.Yu. Toropova, Doctor of Biological Sciences, Professor
I.A. Kamenev, Master's student
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: 89139148962@yandex.ru

Keywords: soybean, seeds, root rot, dressing, inoculants, contact disinfectant, systemic disinfectant, biological effectiveness, economic efficiency.

Abstract. *The study aimed to evaluate the biological and economic effectiveness of fungicidal soybean disinfectants of different mechanisms of action in a tank mixture with inoculants in the forest-steppe of the Novosibirsk region. The studies were carried out in 2019–2022. Generally accepted methods are used in the conditions of the northern forest steppe of the Novosibirsk region. For the studies, we used the systemic protectant Baritone (prothioconazole 37.5 g/l + fluoxastrobin 37.5 g/l) at a rate of 1.5 l/t and contact Maxim (fludioxonil 25 g/l) at a rate of 2.0 l/t t, the inoculant was HiCoat Super Soybean (HCSS) 1.42 l/t together with the nutrient*

medium HiCoat Super Extender (HCSE) 1.42 l/t. On average, over four years, the development of soybean root rots, according to the predecessor winter wheat, exceeded the harmfulness threshold in the control variant by 1.3–2.7 times over the years; the maximum indicator was noted in the dry year of 2022 when soybean plants experienced double stress - hydrothermal and biotic. F. oxysporum, F. poae, F. equseti, F. sporotrichioides, and F. solani were isolated from the underground soybean organs during the growing season. The pathogenic complex of soybean root rots also included fungi of the genera Pythium and Rhizoctonia. The biological effectiveness of seed treatment against root rot was 40.2–76.4% and was higher when soybean seedlings developed in moist conditions. The economic efficiency of seed treatment was 103–347% over the years, with a maximum in wet years. The best option for pre-sowing seed treatment is the contact disinfectant Maxim, 2.0 l/t in a tank mixture with the inoculant HiCoat Super Soya (HCSS), 1.42 l/t together with the nutrient medium HiCoat Super Extender (HCSE), 1.42 l/T. Both fungicidal disinfectants showed a bactericidal effect on symbiotic nitrogen-fixing bacteria, reducing the number of nodules to 43.2% and their weight to 38.1%. Treatment and vaccination of soybean seeds positively affected the quality of the resulting crop. The protein content was the highest in the Baritone variant together with the inoculants HCSS + HCSE and amounted to 41.4% versus 36.8% in the control. Dressing agents had a significant positive effect on the quality of soybean seeds of the new crop; the best aftereffect was found in the Maxim variant, 2.0 l/t + inoculants, where the prevalence of all phytopathogens was below the ETH (economic threshold of harmfulness), and germination was maximum.

Соя является ценной технической культурой. В настоящее время она в мировом земледелии занимает первое место по посевным площадям среди масличных и зернобобовых культур. Соя отличается высоким содержанием белка – около 40% и масла – до 25 % [1–3]. Закономерно, что возделывание данной культуры вызывает большой интерес у сельскохозяйственных товаропроизводителей. Основные площади сои в Российской Федерации сосредоточены в Дальневосточном федеральном округе, но и другие регионы страны постепенно увеличивают масштабы возделывания культуры. Так, посевные площади под соей в Западной Сибири ежегодно растут, что связано с ее высокой маржинальностью. За последние годы площади возделывания сои в Новосибирской области, по данным территориальных органов Федеральной службы статистики, ежегодно увеличиваются и составили на 2022 г. более 20 тыс. га. В разных областях Западной Сибири урожайность культуры варьирует от 1,5 до 3,0 т/га и в значительной степени зависит от технологии возделывания [4–10].

Более 30 видов фитопатогенов могут наносить вред сое, приводя к снижению урожайности на 15–20 % и более [11–12]. В этой связи потенциальная урожайность сои в Новосибирской области не реализуется в полной мере. Многие возбудители болезней сои передаются через семена, снижая их посевные качества, изреживая всходы, угнетая развитие растений [1. 3. 12].

Среди болезней сои особой распространенностью и вредоносностью отличается фузариозная корневая гниль, возбудители которой передаются через семена [1, 3, 6]. В связи с этим одним из основных приемов интегрированной защиты сои является предпосевная обработка семян, призванная не только защитить всходы от фитопатогенов, но и стимулировать формирование у растений азотфиксирующих клубеньков, определяющих продуктивность культуры [13–15].

Эффективность препаратов для предпосевного протравливания семян сои в значительной мере определяется составом действующих веществ, механизмом их действия, влиянием протравителей на азотфиксирующие бактерии, погодными условиями вегетации, а также комплексом агроэкологических факторов в период посева обработанных семян [6, 9, 11].

Несмотря на актуальность фитосанитарной оптимизации технологии возделывания сои в Западной Сибири, факторы, определяющие эффективность предпосевной подготовки семян сои, изучены недостаточно. В этой связи цель исследования заключалась в оценке биологической и хозяйственной эффективности фунгицидных протравителей сои разного механизма действия в баковой смеси с инокулянтами в лесостепи Новосибирской области.

В задачи исследований входило:

1. Установление влияния вариантов предпосевной обработки семян на развитие корневой гнили сои в полевых условиях.

2. Уточнение этиологии корневых гнилей сои в зоне исследования.

3. Установление влияния инокулянтов и их баковых смесей с протравителями на формирование клубеньков растений.

4. Изучение влияния обработки семян сои на количество и качество полученного урожая.

5. Изучение последействия протравителей на качество семян сои нового урожая.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили с 2019 по 2022 г. в полевых условиях колхоза им. XX съезда КПСС Тогучинского района Новосибирской области общепринятыми методами [16].

Для исследований были использованы: системный протравитель Баритон (протиоконазол 37,5 г/л + флуоксастробин 37,5 г/л) в норме 1,5 л/т и контактный Максим (флудиоксонил 25 г/л) 2,0 л/т, инокулянтом послужил ХайКоут Супер Соя (ХКСС) 1,42 л/т совместно с питательной средой ХайКоут Супер Экстендер (ХКСЭ) 1,42 л/т. В опыте высевали сорт сои СибНИИК-9, предшественником была озимая пшеница. Посев осуществлялся посевным комплексом John Deere 730 при норме высева 900 тыс/га всхожих семян и внесении стартовых норм удобрений в дозе 70 кг/га сульфоаммофоса.

Полевой опыт был заложен в четырехкратной повторности. Размер делянок – 1350 м^2. В полевых экспериментах ежегодно проводили следующие учеты и наблюдения: фитоэкспертизу семян сои по ГОСТ 12044-93, учет развития корневой гнили сои по всходам и в фазу цветения, числа и массы образовавшихся клубеньков, микологический анализ пораженных органов, определение элементов структуры урожая.

Погодные условия в годы проведения экспериментов существенно различались: 2019 и 2022 гг. были более засушливыми (ГТК<1,0), чем 2020 и 2021 гг. (ГТК 1,0). Вегетационный период 2019 г. в Тогучинском районе характеризовался умеренными температурами, приближенными к многолетней норме, и недостаточным увлажнением на протяжении всей вегетации. Погодные условия 2020 г. характеризовались высокими температурами в мае и августе (в остальные месяцы температура соответствовала среднемноголетним) и повышенным уровнем осадков в мае и июле при относительно засушливых июне и августе. В свою очередь, 2021 г. отличался высокими температурами в мае и августе, как и 2020 г. В остальные месяцы 2021 г. температура была приближена к многолетним нормам. Выпало пониженное количество осадков в мае и первой половине лета, что характерно для изучаемой зоны, исключение составили относительно дождливые август и сентябрь. В 2022 г. была отмечена аномальная засуха и высокие температуры в мае, умеренная засуха продолжалась в течение всей вегетации. Низкие температуры наблюдались в июне, в остальные месяцы температура была в пределах многолетних норм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В полевых условиях на протяжении 2019–2022 гг. растения сои подверглись существенному влиянию фитопатогенной микрофлоры почвенного происхождения, численность которой была выше допустимых параметров, судя по значительному уровню развития корневой гнили в течение вегетации (табл. 1).

Таблица 1

Биологическая эффективность обработки семян сои в лесостепи Западной Сибири (2019–2022 гг.)
Biological effectiveness of soybean seed treatment in the forest-steppe of Western Siberia (2019–2022)

Препарат, норма применения, л/т	Развитие корневой гнили, %					Биологическая эффективность, %				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средняя
Контроль (без обработки)	48,1	30,9	24,8	53,0	39,2	-	-	-	-	-
Максим, 2,0 + инокулянты	15,1	8,5	5,9	22,6	13,0	68,6	72,5	76,4	57,2	68,7
Баритон, 1,5 + инокулянты	20,3	10,3	8,5	31,7	17,7	57,8	66,7	65,9	40,2	57,7
$НСР_{05}$	4,37	2,13	3,54	4,77	4,37					

Развитие корневых гнилей ежегодно превышало биологический порог вредоносности (ПВ) составляющий 20%, максимальный показатель (2,7 ПВ) был отмечен в засушливом 2022 г., когда растения сои испытывали двойной стресс – гидротермический и биотический.

Основными возбудителями корневых гнилей сои были грибы рода *Fusarium*. Самую большую представленность в патогенном комплексе в среднем за четыре года имел *F. oxysporum* Schltdl. (33,2%), на второй позиции был *F. poae* (Peck.) Wollenw. (20,7%), а на третьей – *F. equseti* (Corda) Sacc. (17,2%), в меньшей степени встречались *F. sporotrichioides* Sherb., *F. solani* Koord. и др. Периодически в патокомплексах корневых гнилей сои встречались грибы родов *Pythium* и *Rhizoctonia*.

Анализ данных табл. 1 показывает, что исследуемые протравители и инокулянты достоверно сказались на фитосанитарном состоянии подземных органов сои. В вариантах с предпосевной обработкой семян во все годы исследований развитие болезни было ниже ПВ, за исключением 2022 г. Это связано с гидротермическими стрессами 2022 г., вызванными аномальной засухой в первой половине вегетации и возвратным похолоданием в начале июня, усилившими, с одной стороны, агрессивность возбудителей корневых гнилей и снизившими, с другой стороны, устойчивость растений к фитопатогенам.

Наибольшая биологическая эффективность предпосевной обработки семян в среднем за четыре года достигла 68,7 %, что является хорошим показателем в среднем за вегетацию. Лучше всего показал себя вариант с контактным препаратом Максим + ХКСС + ХКСЭ. В варианте с системным протравителем Баритон + ХКСС + ХКСЭ эффективность против корневых гнилей сои была ниже примерно на 16 % по сравнению с препаратом Максим. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при недостатке влаги в фазу всходов предпочтительней использовать контактные протравители, которые оказывают меньшее фитотоксическое действие и не усугубляют влияние гидротермических стрессовых условий на физиологию растений сои. Эти данные совпадают с результатами аналогичных исследований по протравителям семян яровой пшеницы [11].

Дисперсионный анализ показал, что сила влияния препарата на эффективность протравливания семян сои против корневых гнилей составила 34,6%, а условий года – 59,2%.

За все годы исследования в контрольном варианте на корнях растений сои азотофиксирующие клубеньки не были обнаружены, что говорит об отсутствии в почвах нужных штаммов симбиотических бактерий, из чего следует необходимость обработки семян сои инокулянтами, особенно при посеве культуры по зерновому предшественнику, как и было в опытах (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян сои на формирование клубеньков (2020–2022 гг.)
Biological effectiveness of soybean seed treatment in the forest-steppe of Western Siberia (2019–2022)

Препараты, норма применения, л/т	Среднее число клубеньков на растении, шт.				Масса клубеньков с 10 растений, г			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средняя
Контроль (без обработки)	0	0	0	-	-	-	-	-
ХКСС + ХКСЭ	4,4	17,5	8,2	10,0	4,2	9,6	6,1	6,6
Максим, 2,0 + инокулянты	2,5	11,5	8,1	7,4	2,6	7,0	5,1	4,9
Баритон, 1,5 + инокулянты	3,8	12,7	7,6	8,0	3,1	6,9	4,4	4,8
$НСР_{05}$				0,49				0,20

Депрессантами формирования клубеньков на корнях сои были засуха, кислая реакция почвы в хозяйстве (pH 4,5–5,5), а также фунгицидные протравители. Наибольшее число клубеньков сформировалось после обработки семян инокулянтами ХКСС + ХКСЭ без протравителей, что свидетельствует о бактерицидных свойствах выбранных препаратов. Больше всего клубеньков сформировалось в относительно увлажненном 2021 г., меньше – в более засушливые годы. В вариантах Максим + ХКСС + ХКСЭ и Баритон + ХКСС + ХКСЭ число клубеньков снизилось по сравнению с вариантом без протравливания на 26 и 20 % соответственно в среднем по годам. Аналогичная зависимость была выявлена и по показателю массы клубеньков, которая снижалась после протравливания, особенно в засушливых условиях.

Улучшение фитосанитарного состояния и стимуляция азотофиксации растений после предпосевной обработки семян сказались на формировании элементов структуры урожая и биологической урожайности сои (табл. 3).

Таблица 3

Хозяйственная эффективность обработки семян сои в лесостепи Западной Сибири (2019–2022 гг.)
Economic efficiency of soybean seed treatment in the forest-steppe of Western Siberia (2019–2022)

Препарат, норма применения, л/т	Биологическая урожайность, ц/га					Хозяйственная эффективность, %				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средняя	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средняя
Контроль (без обработки)	6,6	15,8	11,1	7,8	10,3	-	-	-	-	-
ХКСС + ХКСЭ	-	30,0	20,5	15,6	22,0	-	90	85	100	92
Максим, 2,0 + инокулянты	29,5	32,1	26,8	18,5	26,7	347	103	141	138	182
Баритон, 1,5 + инокулянты	21,7	34,3	23,6	19,3	24,7	228	117	113	147	151
$НСР_{05}$	6,3	3,7	3,2	1,9	5,2					

Урожайность сои значительно колебалась по годам, достигнув максимума в наиболее благоприятном для растений 2020 г. За четыре года биологическая урожайность была максимальной в варианте Максим + ХКСС+ ХКСЭ и составляла в среднем по годам 26,7 ц/га, что считается достаточно высоким показателем в условиях Западной Сибири. Хозяйственная эффективность данного варианта была значительной, поскольку урожайность в вариантах с предпосевной обработкой семян во все годы исследований была более чем в 2 раза выше, чем в контрольном варианте без обработки семян.

Обработка семян сои оказала также влияние на качество полученного урожая (табл. 4).

Таблица 4

Влияние обработки семян сои на качество полученного зерна (2021–2022 гг.)
The influence of soybean seed treatment on the quality of the resulting grain (2021–2022)

Препарат, норма применения, л/т	Содержание протеина, %		
	2021 г.	2022 г.	среднее
Контроль (без обработки)	35,7	37,9	36,8
ХКСС + ХКСЭ	40,5	39,5	40,0
Максим, 2,0 + инокулянты	40,1	40,5	40,3
Баритон, 1,5 + инокулянты	40,1	42,6	41,4
$НСР_{05}$	4,2	3,9	4,4

Содержание протеина было наибольшим в варианте Баритон совместно с инокулянтами ХКСС + ХКСЭ и в среднем за два года составило 41,4%, что на 4,6% выше контроля.

Исследуемые препараты оказали значительное положительное последействие на посевные качества семян сои нового урожая, как показано в табл. 5.

Таблица 5

Влияние предпосевной обработки семян сои на семенные качества нового урожая (2021-2022 гг.)
The influence of pre-sowing treatment of soybean seeds on the seed qualities of the new crop (2021-2022)

Препарат, норма применения, л/т	Лабораторная всхожесть, %	Распространенность болезней, %					Фитомасса 10 проростков, г
		корневые гнили	фузариоз	серая гниль	альтерна-риоз	бактериоз	
Контроль (без обработки)	88	35	16	6	15	12	4,9
Максим, 2,0 + инокулянты	100	8	2	0	10	5	6,9
Биологическая эффективность	12	77,1	87,5	100	33,3	58,3	+2,0
Баритон, 1,5 + инокулянты	98	25	6	3	8	8	8,8
Биологическая эффективность	10	28,6	62,5	50,0	46,7	33,3	+ 3,9
$НСР_{05}$	8,1	7,2	2,7	2,1	3,3	0,8	1,27

Самое лучшее последействие оказал вариант Максим, 2,0 + инокулянты, где распространенность всех фитопатогенов была ниже ЭПВ, а всхожесть – максимально возможной и достоверно выше, чем в варианте, где маточные растения были выращены из непротравленных семян. Оба препарата оказали достоверное стимулирующее действие на развитие проростков, что свидетельствует о существенном пролонгированном влиянии предпосевного протравливания семян маточных растений на жизнеспособность семян сои нового поколения.

ВЫВОДЫ

1. Развитие корневых гнилей сои в контроле в годы исследований превышало порог вредоносности (20%) до 2,7 раза.

2. Возбудителями корневых гнилей сои были преимущественно грибы рода *Fusarium*: в большей степени распространены *F. oxysporum* (33,2%), на второй позиции – *F. poae* (20,7%), а на третьей – *F. equseti* (17,2%).

3. Биологическая эффективность предпосевной обработки семян против корневых гнилей в полевых условиях достигала 61,3% в варианте Максим + ХКСС + ХКСЭ.

4. Без обработки семян сои инокулянтами клубеньки не формировались, максимальное их число и масса были отмечены в варианте с применением инокулянтов без протравителей во влажные годы.

5. У фунгицидных протравителей наблюдались бактерицидные свойства в отношении клубеньковых бактерий, снижение числа клубеньков по сравнению с вариантом чистых инокулянтов составило в среднем по годам и протравителям 23%.

6. В среднем за четыре года биологическая урожайность была максимальной в вариантах Максим + инокулянты ХК (29,6 ц/га). Это было достигнуто за счет повышения числа бобов на растении и массы 1000 семян.

7. Применение инокулянтов положительно повлияло на качество полученного урожая. Содержание протеина было наибольшим в варианте инокулянты ХК без протравителя и Баритон + инокулянты, что составило 41,4% при 36,8% в контроле.

8. Протравители оказали достоверное положительное влияние на качество семян сои нового урожая, самое лучшее последействие оказал вариант Максим, 2,0 + инокулянты, где распространенность всех фитопатогенов была ниже ЭПВ, а всхожесть – максимальной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М., Горобей И.М.* Болезни сои в Западной Сибири // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 1. –С. 37–39.
2. *Васин А.В., Васина А.А., Рязанова Е.В.* Влияние предпосевной обработки семян на продуктивность сои // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 4. – С. 51–55.
3. *Горобей И.М., Ашмарина Л.Ф., Коняева Н.М.* Фузариозы зернобобовых культур в лесостепной зоне Западной Сибири // Защита и карантин растений. – 2011. – № 2. – С. 14–16.
4. *Дубровин А.Е., Новосадов И.Н.* Проблемы использования приемов борьбы с основными вредителями и болезнями сои // Защита и карантин растений. – 2015. – № 11. – С. 32–34.
5. *Каменев И.А., Торопова Е.Ю.* Биологическая и хозяйственная эффективность обработки семян сои в лесостепи Новосибирской области // Теория и практика современной аграрной науки: сб. III Нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2020. – С. 96–99.
6. *Торопова Е.Ю., Каменев И.А.* Предпосевная подготовка семян сои в лесостепи Западной Сибири // Защита и карантин растений. – 2022. – № 2. – С. 10–16.
7. *Соя* в Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, Н.И. Васякин, А.А. Лях. – Новосибирск, 2004. – 256 с.
8. *Санаров А.Г., Торопова Е.Ю.* Новая шкала учета семядольного бактериоза сои и ее практическое использование // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. ст. по материалам Всерос. (нац.) науч.–практ. конф. – Курган, 2021. – С. 196–200.
9. *Санаров А.Г., Торопова Е.Ю.* Эффективность препаратов против семенных фитопатогенов сои // Защита растений от вредных организмов: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию Кубан. ГАУ. – Краснодар, 2021. – С. 326–329.
10. *Посыпанов Г.С.* Растениеводство. – М.: Колос, 2007. – 612 с.
11. *Протравливание* семян зерновых и зернобобовых культур / Е.Ю. Торопова, А.Ф. Захаров, Г.Я. Стецов, А.Г. Санаров // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2020. – № 1. – С. 37 (1)–72 (36).
12. *Чулкина В.А. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я.* Интегрированная защита растений, фитосанитарные системы и технологии / под ред. М.С. Соколова, В.А. Чулкиной. – М.: Колос, 2009. – 670 с.
13. *Mikolaievsky V., Sergienko V., Tytova L.* Diseases development and productivity of soybean at the seeds treatment by microbial formulations // Агробіологія. – 2016. – N 2 (128). – P. 96–104.
14. *Gerlach W., Nirenberg H.* The genus Fusarium—a Pictorial Atlas // Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstw. – Berlin - Dahlem, 1982. – Vol. 209. – 406 p.
15. *Soil* properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals / D. Rotenberg, A.J. Wells, E.J. Chapman [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. – 2007. – Vol. 39, N 11. – P. 2936–2948.
16. *Фитосанитарная* диагностика агроэкосистем: учеб.-практ. пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов [и др.]; под ред. Е.Ю.Тороповой. – Барнаул, 2017. – 210 с.

REFERENCES

1. Ashmarina L.F., Gorobej I.M., Koronyaeva N.M., *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2008, pp. 94–98. (In Russ.)
2. Vasin A.V., Vasina A.A., Ryazanova E.V., *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii*, 2010, No. 4, S. 51–55. (In Russ.)
3. Gorobej I.M., Ashmarina L.F., Konyaeva N.M., *Zashhita i karantin rastenij*, 2011, No. 2, pp. 14–16. (In Russ.)
4. Dubrovin A.E., Novosadov I.N., *Zashhita i karantin rastenij*, 2015, No. 11, pp. 32–34. (In Russ.)
5. Kamenev I.A., Toropova E.Yu., *Teoriya i praktika sovremennoj agrarnoj nauki*, Sbornik III nacional`noj (vserossijskoj) nauchnoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem, 2020, pp. 96–99. (In Russ.)
6. Toropova E.Yu., Kamenev I.A., *Zashhita i karantin rastenij*, 2022, No. 2, pp. 10–16. (In Russ.)
7. Kashevarov N I. Soloshenko V.A., Vasyakin N.I., Lyax A.A., *Soya v Zapadnoj Sibiri* (Soya v Zapadnoy Sibiri), Novosibirsk, 2004, 256 p. (In Russ.)

8. Sanarov A.G., Toropova E.Yu., *Innovacionny`e texnologii v APK: teoriya i praktika* (Innovative technologies in the agro-industrial complex: theory and practice), Sbornik statej po materialam Vserossijskoj (nacional`noj) nauchno-prakticheskoj konferencii, Kurgan, 2021, pp. 196–200.
9. Sanarov A.G., Toropova E.Yu., *Zashhita rastenij ot vredny`x organizmov* (Plant protection from pests). Materialy` X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj 100-letiyu Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, Krasnodar, 2021, pp. 326–329. (In Russ.)
10. Posy`panov G.S., *Rastenievodstvo* (Crop production), Moscow: Kolos, 2007, 612 p.
11. Toropova E.Yu. Zaxarov A.F., Steczov G.Ya., Sanarov A.G., *Prilozhenie k zhurnalu Zashhita i karantin rastenij*, 2020, No. 1, pp. 37 (1)–72 (36). (In Russ.)
12. Chulkina V.A. Toropova E.Yu., Steczov G.Ya., *Integrirovannaya zashhita rastenij, fitosanitarny`e sistemy`* i texnologii (Integrated plant protection, phytosanitary systems and technologies), Pod red. Sokolova M.S., Chulkinoj V.A. Moscow: Kolos. 2009. 670 p.
13. Mikolaievsky V., Sergienko V., Tytova L., *Agrobiologiya*, 2016, No. 2 (128), pp. 96–104. (In Russ.)
14. Gerlach W., Nirenberg H. The genus Fusarium—a Pictorial Atlas, *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstw.*, Berlin – Dahlem, 1982, Vol. 209, 406 p.
15. Rotenberg D., Wells A.J., Chapman E.J. [et al.], Soil properties associated with organic matter-mediated suppression of bean root rot in field soil amended with fresh and composted paper mill residuals, *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, Vol. 39, No. 11, pp. 2936–2948.
16. Chulkina V.A., Toropova G.Ya. Stecov [i dr.], *Fitosanitarnaya diagnostika agroekosistem* (Phytosanitary diagnostics of agroecosystems), Barnaul, 2017,210 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-169-177
УДК 633.16.321.631.526.32:631.529

НОВЫЙ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ СОРТ ЯРОВОГО ОВСА ИРТЫШ 33

О.А. Юсова, кандидат сельскохозяйственных наук
П.Н. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук
С.В. Васюкевич, кандидат сельскохозяйственных наук
Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
E-mail: yusova@anc55.ru

Ключевые слова: сорт, яровой овес, урожайность, качество зерна, сбор питательных веществ, адаптивность.

Реферат. *Сорт является основным средством производства, обеспечивающим стабильно высокую урожайность с повышенным качеством зерна. Селекционная работа по овсу в Сибири началась в 1913 г, за период 100-летней селекционной работы в Омском АНЦ создано более 20 сортов ярового овса. Цель исследований – характеристика нового перспективного сорта ярового овса Иртыш 33. Представлены данные исследований 2016–2022 г. Оптимальные по влагообеспеченности условия наблюдались в 2016 и 2019 гг. (ГТК 0,99 и 1,10); избыточное увлажнение отмечено в 2018 г.; засушливые условия – в 2017, 2020–2022 гг. (ГТК 0,58–0,77). Новый перспективный сорт ярового овса Иртыш 33 – среднеспелой группы, устойчив к полеганию, засухе, поражению пыльной и покрытой головнёй. Метелка полусжатая, светло-желтая; озерненность метелки 64 зерна; зерно длиннопленчатого типа, белое; остистость средняя; ости слабо выражены, слегка изогнуты, желтой окраски. В среднем за период исследований новый перспективный сорт ярового овса Иртыш 33 характеризовался как высокоурожайный (+0,2 т/га к стандарту) с повышенной крупностью зерна (+3,7 г). За счет достоверной прибавки к стандарту по основным показателям качества зерна (+0,7% по массовой доле белка), (+0,9% по крахмалу), (+0,5% по сырому жиру), наблюдается повышенный сбор питательных веществ с единицы площади по отношению к стандарту: +0,05 т/га белка, +0,1 т/га крахмала и +0,02 т/га сырого жира. Сорт Иртыш 33 сочетает стабильность и пластичность по массовой доле белка (bi>1 и σ_d^2<1); относится к интенсивным (bi>1) по белковости и крахмалистости зерна. Стабилен (σ_d^2<1) по содержанию белка, сырого жира, пленчатости зерна и по урожайности. Сорт включен в Госреестр РФ с 2022 г. и допущен к использованию в Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах.*

NEW HIGH-QUALITY SPRING OATS VARIETY IRTYSH 33

O.A. Yusova, PhD in Agricultural Sciences
P.N. Nikolaev, PhD in Agricultural Sciences
S.V. Vasyukevich, PhD in Agricultural Sciences
Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia
E-mail: yusova@anc55.ru

Keywords: variety, spring oats, productivity, grain quality, nutrient collection, adaptability.

Abstract. *The variety is the primary means of production, providing consistently high yields with increased grain quality. Breeding work on oats in Siberia began in 1913. During 100 years of breeding work, more than 20 varieties of spring oats were created at the Omsk ARC. The research aims to characterize the new promising spring oat variety Irtysh 33. Research data from 2016–2022 are presented. Optimal conditions for moisture availability were observed in 2016 and 2019. (GTC 0.99 and 1.10); excessive moisture was noted in 2018; dry conditions – in 2017, 2020–2022. (GTC 0.58–0.77). A new promising variety of spring oats, Irtysh 33, is of the mid-season group and is resistant to lodging, drought, dust, and smut. Panicle semi-compressed, light yellow; panicle grain size 64 grains; grain of long-film type, white; spine is average; The awns are weakly expressed, slightly curved, and yellow. On average, during the research period, the new promising spring oat variety Irtysh 33 was characterized as high-yielding (+0.2 t/ha to the standard) with increased grain size (+3.7 g). Due to a significant increase in the standard for the leading indicators of grain quality (+0.7% in mass fraction of protein), (+0.9% in starch), (+0.5% in crude fat), there is an increased collection of nutrients from units of area about the standard: +0.05 t/ha of protein, +0.1 t/ha of starch and +0.02 t/ha of crude fat. The Irtysh 33 variety combines stability and plasticity in terms of protein mass fraction (bi>1 and <1) and refers to intensive (bi>1) in terms of protein and starch content*

of the grain. Stable (<1) protein content, crude fat, grain filminess, and yield. The variety has been included in the State Register of the Russian Federation since 2022 and is approved for use in the West Siberian (10) and East Siberian (11) regions.

Сельскохозяйственная культура овса заслуженно является одной из широко возделываемых в России (на продовольствие, фураж и технические цели). Особенно распространено применение овса в крупяной промышленности [1] и фармакологии [2].

Овес – это популярная экспортная продукция России, как озимая рожь и рапс [3]. Однако на протяжении последних двух десятилетий наблюдается существенное снижение площадей посева данной культуры в РФ – от 2900 тыс. га в 2010 г. до 2160 тыс. га в 2022 г., согласно данным Росстата [4], т.е. на 74,5 % (рис. 1, *А*). Учитывая, что овес является кормовой культурой, данный спад можно объяснить существенным снижением производства в животноводческой отрасли. Так, общее поголовье крупного рогатого скота в начале 90-х гг. составляло 57 млн, в 2020 г. оно сократилось до 18 млн голов; в 2021 г. количество крупного рогатого скота упало до исторического минимума – 17,7 млн голов [5]. Резкий спад отмечен в коневодстве – от 15 млн голов в 1950-е гг. до 1,4 млн голов в 2015 г. [6]. Свиноводческая отрасль, несмотря на существенный спад производства с 1990 по 2005 г. [7], в настоящее время переживает бум развития и полностью обеспечивает потребности российского рынка. Однако ввиду сокращения кормовой базы на основе овсяного компонента данная отрасль перешла на альтернативные источники комбикорма.

Наряду с сокращением площадей возделывания наблюдался спад валовых сборов (при минимуме 32252,49 тыс. ц в 2010 г.), (см. рис. 1, *Б*). Максимальное значение данного показателя (54562,4 тыс. ц) отмечено в 2017 г. с последующим снижением до 37757,5 тыс. ц в 2021 г. Несмотря на минимальные площади возделывания в 2022 г., валовые сборы овса существенно выросли – до 45563,5 тыс. ц (на 17% по отношению к 2021 г.).

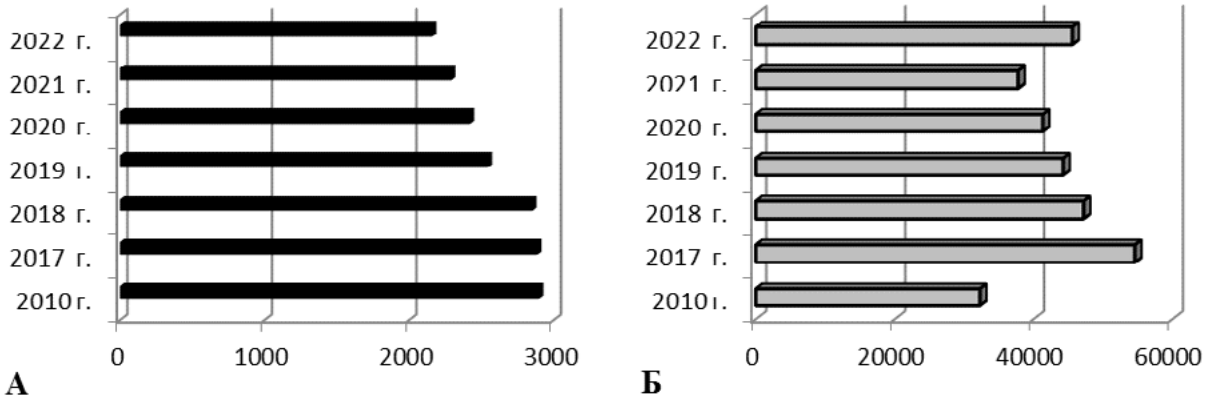


Рис. 1. Динамика возделывания овса в РФ: А – посевная площадь, тыс. га; Б – валовой сбор, тыс. ц. Данные Росстата

Dynamics of oat cultivation in the Russian Federation: A – sown area, thousand hectares; B – gross harvest, thousand centner. Rosstat data

Согласно данным рис. 2, *А*, Сибирский федеральный округ в 2022 г. являлся лидером по посевам зерна овса (824,4 тыс. га, что составляет 38,0% от всех площади посева овса в РФ). Минимальное значение данного показателя (1–2%) отмечено в Северо-Западном, Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. При этом во всех округах наблюдается снижение площадей в 2022 г. по отношению к 2021 г.: от 0,2% в Дальневосточном до 57,6% в Северо-Кавказском.

Рис. 2. Структура посевов и валовых сборов овса по федеральным округам за 2022 г.: А – доля посевных площадей овса; Б – доля валовых сборов овса в общем сборе культуры в РФ. Данные Росстата

Structure of crops and gross oat harvests by federal districts for 2022: A – share of oat sown areas, B – share of gross oat harvests in the total crop harvest in the Russian Federation. Rosstat data.

В зависимости от посевных площадей складывается и доля каждого федерального округа в валовом сборе зерна (см. рис. 2, *Б*). Так, максимум наблюдался в Сибирском федеральном округе (36%, что составляет 16,5 тыс. ц), минимум – в Северо-Западном, Южном и Северо-Кавказском (1,1–1,3%; 494,1–587,1 тыс. ц).

В Сибирском федеральном округе Омская область занимала 6-е место в 2022 г. по площади посева овса (108,1 тыс. га) наряду с Иркутской областью (рис. 3). Лидером посевов являлась Томская область (141,0 тыс. га). В республиках Алтай и Тыва в 2022 г. площади увеличились на 10–11% по отношению к 2021 г. В остальных регионах площади посева снизились от 1,2% в Кемеровской области до 15,7% в Республике Хакасия.

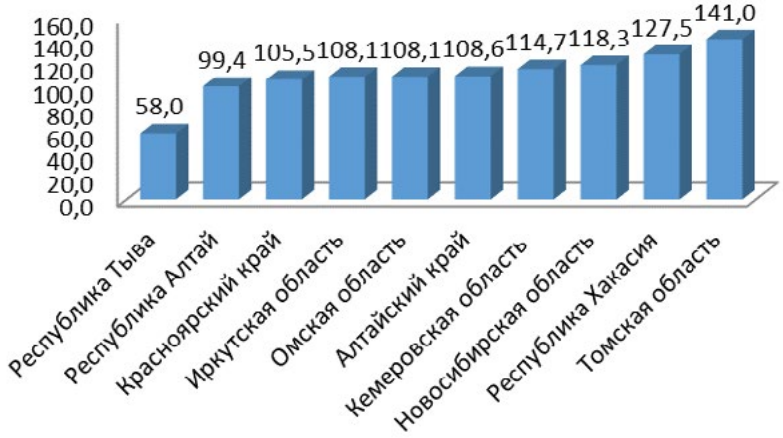


Рис. 3. Посевные площади овса в Сибирском федеральном округе за 2022 г., тыс. га. Данные Росстата

Oat sown area in the Siberian Federal District for 2022, thousand hectares. Rosstat data.

По валовым сборам Омская область в 2022 г. была на втором месте (20%; 1408,8 тыс. ц) после Иркутской области (27%; 1690,8 тыс. ц) (рис. 4).

Положительным является тот факт, что по валовому сбору овса Омская область значительно превосходит регионы с большей площадью посева (Кемеровская, Новосибирская и Томская области, Республика Хакасия). Очевидно, данный феномен объясняется возделыванием в Омской области высокоурожайных сортов овса.

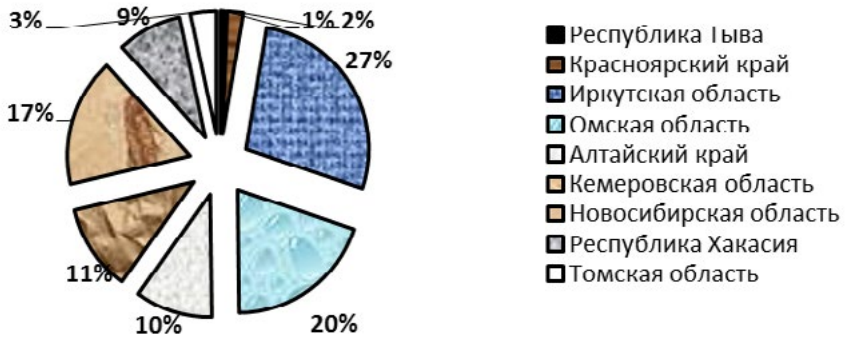


Рис. 4. Доля регионов в валовых сборах овса в общем сборе культуры в Сибирском федеральном округе,%. Данные Росстата.

The share of regions in the gross harvest of oats in the total crop harvest in the Siberian Federal District, %. Rosstat data.

Именно сорт является основным средством производства [8–10], обеспечивающим стабильно высокую урожайность [11–13] с повышенным качеством зерна [14, 15]. При этом отмечается важность оценки адаптивности сорта не только по урожайности, но и по показателям качества зерна [16].

Питательную ценность зерна овса определяет прежде всего белок, который в значительной мере состоит из глобулинов и сбалансирован по аминокислотному составу. Не менее ценным компонентом является масло овса, содержащее ценные ненасыщенные и насыщенные кислоты [17, 18].

Селекционная работа по овсу в Сибири началась в 1913 г. в Кургане Н.Л. Скалозубовым, а в 1918 г. весь материал по овсу был передан Западно – Сибирской селекционной станции (г. Омск). Первенцы сибирской селекции ячменя – сорта Омский 11464 и Омский 10664 – были созданы И.И. Кораблиным и районированы соответственно в 1936 и 1945 гг. [19] За период 100-летней селекционной работы создано более 20 сортов ярового овса: Омский кормовой 1 (1978 г.), Иртыш 13 (1991 г.), Казахстанский 70 (1992), Кемеровский 90 (1994 г.), Иртыш 15 (1994 г.), Фобос (1997 г.), Орион (1996 г.), Памяти Богачкова (2000 г.), Тарский 2 (2001 г.), Иртыш 21 (2003 г.), Сибирский голозерный (2008 г.), Иртыш 22 (2009 г.), Уран (2014 г.), Прогресс (2013 г.), Факел (2018 г.), Сибирский геркулес (2018 г.), Тарский голозерный (2019 г.), Иртыш 33 (2022 г.).

Однако селекционная наука не стоит на месте, она развивается в соответствии с запросами современности. Селекционеры находятся в бесконечном поиске новых перспективных образцов, а районированные сорта становятся исходным материалом для гибридов.

В связи с этим цель исследований – характеристика нового перспективного сорта ярового овса Иртыш 33.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу выполняли в питомниках конкурсного сортоиспытания (КСИ) на опытных полях Омского АНЦ в степной и южной лесостепной зонах с 2016 по 2022 г.

Агротехника возделывания овса – общепринятая для региона. Основная обработка почвы заключалась в послеуборочном лущении стерни и зяблевой вспашке. Обработка зяби состояла из закрытия влаги боронованием и последующей культивации на глубину 6-8 см. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 на делянках площадью 10 м^2 в четырехкратной повторности при норме высева 4 млн всхожих зерен на 1 га. Предшественник – яровая мягкая пшеница.

В южной лесостепной зоне опыты проведены на среднемощной тяжелосуглинистой лугово-черноземной почве. Содержание гумуса (по Тюрину) составляло 6,68–6,91 %, подвижного фосфора – 98–112 мг/кг (по Чирикову), калия – 240–310 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58486-2019), нитратного азота (по Кочергину) – 5,3 мг/кг, сумма поглощенных оснований – 30,02 мг-экв/100 г почвы, pH_{KCl} почвенного раствора – 6,6–7,0 ед.

В степной зоне почва опытного участка серая лесная, механический состав – тяжелосуглинистый, мощность гумусового горизонта составляет 20–22 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте – 3,40 %, подвижного фосфора – 11,5 мг/100 г, калия – 20,1 мг/100 г. Реакция солевой вытяжки слабокислая (pH 5,4).

Наблюдения, оценки и учеты проведены согласно методике Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) [20].

Биохимический анализ качества зерна осуществляли с использованием традиционных методов и технологий [21]. Математическая обработка данных проведена в приложении Excel для ПК [22].

Объект исследований – новый перспективный сорт овса Иртыш 33, стандартный сорт – Орион.

Орион включен в Госреестр РФ с 1996 г. и допущен к использованию в Уральском (9), Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах. С 2001 г. является стандартом при испытании 94 сортов овса по Омской области. Сорт среднеспелый, засухоустойчивый. Характеризуется высокой стабильной продуктивностью, пригоден для использования в пищевой промышленности, занесен в список ценных сортов по качеству зерна.

Климатические условия периода исследований (2016–2022 гг.) характеризовались как контрастные: оптимальные по влагообеспеченности условия наблюдались в 2016 и 2019 гг. (ГТК 0,99 и 1,10); избыточное увлажнение отмечено в 2018 г., засушливые условия – в 2017, 2020–2022 гг. (ГТК 0,58–0,77).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Новый перспективный сорт ярового овса Иртыш 33 (*Avena sativa* var. *mutica*) относится к среднеспелой группе (вегетационный период 83–87 суток), засухоустойчивость средняя. Сорт на инфекционном фоне практически устойчив к поражению пыльной головнёй и слабовосприимчив к покрытой головне. Более устойчив по сравнению со стандартом к полеганию за счет большего диаметра стебля и междоузлий.

Агробиологические особенности сорта:

– метелка полусжатая, длиной 21–24 см, при созревании немного поникает, светло-желтая;

– озерненность метелки в среднем 64 зерна;

– зерно длиннопленчатого типа, белое, среднепленчатое (26,5 %), среднекрупное;

– заключение зерен в пленках полуоткрытое, относительно прочное;

– остистость средняя, до 20% колосков;

– ости слабо выражены, слегка изогнуты, желтой окраски.

Согласно данным табл. 1, погодные условия периодов вегетации оказывали различное влияние на формирование основных показателей качества зерна и продуктивности. Так, повышенное содержание в зерне белка и сырого жира (16,9 и 4,6% соответственно) наблюдалось в 2021 г. при максимально высоких индексах условий окружающей среды (Ij = 4,24 и 0,95); повышенная крахмалистость отмечена в засушливом 2017 г. (51,4%; Ij = 9,24). Условия 2020 г. оказали благоприятное влияние как на формирование повышенной урожайности (4,7 т/га), так и крупности зерна (40,6 г) при Ij = 0,40 и 4,26 соответственно. Аналогичная повышенная урожайность отмечена в 2017 г. Фактором, объединяющим 2017, 2020 и 2021 гг., являются засушливые условия в период налива зерна (июль, август) – 44–69% осадков от среднемноголетних данных на фоне повышенных температур (+1,0…+1,8°С к среднемноголетним).

В 2016 г., который характеризовался повышенными температурами с мая по июль (+0,3…+3,4°С к норме) и увлажнением на уровне нормы (96,2–108 мм) в этот же период отмечено значительное снижение массовой доли крахмала (38,4%; Ij = -3,62), массы 1000 зерен (30,6 г; Ij = -5,79) и урожайности (3,6 т/га; Ij = -0,66). Благоприятное влияние условия данного года оказали лишь на формирование пониженной пленчатости зерна (21,5%; Ij=-5,22).

Новый перспективный сорт ярового овса Иртыш 33 в среднем за период исследований характеризовался повышенным по отношению к стандпрту содержанием в зерне белка (+0,7%), крахмала (+0,9%) и сырого жира (+0,5%) и пониженной пленчатостью (-1,3%) (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика овса по основным показателям качества зерна и продуктивности, питомник КСИ
Characteristics of oats according to the leading indicators of grain quality and productivity, KSI nursery

Показатель	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij	$\bar{x}$	Ij
Массовая доля белка	12,8	0,16	10,7	-1,88	10,9	-1,71	11,2	-1,45	14,2	1,56	16,9	4,24	11,79	-0,93
Массовая доля крахмала	38,4	-3,62	51,4	9,24	42,7	0,52	41,0	-1,13	40,9	-1,30	40,5	-1,63	40,1	-2,09
Массовая доля сырого жира	3,8	-0,01	3,6	-0,09	2,3	-1,30	3,9	0,34	2,9	-0,65	4,6	0,95	4,4	0,76
Пленчатость зерна	21,0	-5,22	27,6	1,35	28,1	1,83	29,9	3,65	25,7	-0,49	27,1	0,88	24,2	-2,00
Масса 1000 зерен	30,6	-5,79	37,3	0,96	35, 8	-0,57	34,1	-2,27	40,6	4,26	40,0	3,63	36,1	-0,23
Урожайность	3,6	-0,66	4,7	0,40	4,2	-0,03	4,2	-0,03	4,7	0,40	4,2	-0,03	4,3	0,02

Примечание. $\bar{x}$ – среднее значение признака; Ij – индекс условий окружающей среды.

Таблица 2

Характеристика сорта ярового овса Иртыш 33 по основным показателям качества зерна в среднем за 2016-2022 гг.
Characteristics of the spring oat variety Irtysh 33 according to the leading indicators of grain quality on average for 2016-2022.

Сорт	Массовая доля белка, %			Массовая доля крахмала, %			Массовая доля сырого жира, %			Пленчатость зерна, %		
	Lim	$\bar{x}$	CV	Lim	$\bar{x}$	CV	Lim	$\bar{x}$	CV	Lim	$\bar{x}$	CV
Орион, стандарт	10,7–16,4	12,5	18,1	38,5–49,8	42,3	9,1	1,5–4,4	3,3	27,5	21,0–32,0	26,7	12,7
Иртыш 33	10,7–17,4	13,2	17,6	38,5–53,1	43,2	11,7	2,6–4,8	3,8	23,4	21,0–28,3	25,4	10,5
$НСР_{05}$	-	0,5	-	-	0,8	-	-	0,4	-	-	1,1	-

Примечание. Lim – лимиты; $\bar{x}$ – среднее значение признака; Cv – коэффициент вариации.

По урожайности сорт Иртыш 33 находится на уровне стандарта (4,2 и 4,4 т/га соответственно), но характеризуется достоверной прибавкой по крупности зерна (+3,7 г) (табл. 3).

Средняя изменчивость (10%<Cv<20%) у обоих сортов отмечена по массовой доле белка, сырого жира и пленчатости; значительная (Cv>20%) – по массе 1000 зерен. Низкая изменчивость (Cv<10%) стандарта Орион по массовой доле крахмала и сорта Иртыш 33 по урожайности позволяет предположить повышенную стабильность сортов по данным признакам, что будет видно по результатам дальнейших исследований.

Благодаря повышенной урожайности и качеству зерна новый перспективный сорт Иртыш 33 имел повышенный выход питательных веществ с единицы площади (табл. 4). Так, прибавка по сбору белка составила 0,05 т/га, крахмала – 0,1 и сырого жира – 0,02 т/га.

Таблица 3

Характеристика сорта ярового овса Иртыш 33 по основным показателям продуктивности в среднем за 2016–2022 гг.
Characteristics of the spring oat variety Irtysh 33 according to the leading productivity indicators on average for 2016–2022.

Сорт	Масса 1000 зерен, г			Урожайность, т/га		
	Lim	$\bar{x}$	Cv, %	Lim	$\bar{x}$	Cv, %
Орион, стандарт	24,5 – 40,25	34,4	24,5	3,1 – 5,1	4,2	19,8
Иртыш 33	35,5 – 40,95	38,1	35,5	3,7 – 5,3	4,4	9,9
$НСР_{05}$	-	1,1	-	-	0,3	-

Примечание. Lim – лимиты; $\bar{x}$ – среднее значение признака; Cv – коэффициент вариации.

Таблица 4

Сбор питательных веществ с единицы площади в среднем за 2016–2022 гг., т/га
Collection of nutrients per unit area on average for 2016–2022.

Сорт	Белок	Крахмал	Сырой жир
Орион, стандарт	0,45	1,53	0,12
Иртыш 33	0,50	1,63	0,14
$НСР_{05}$	0,03	0,07	0,01

Расчеты основных параметров адаптивности показали различную степень реакции исследуемых сортов на изменения условий окружающей среды (табл. 5). Так, стандарт Орион характеризуется стабильностью и пластичностью (bi>1 и σ_d^2<1) по массовой доле сырого жира, пленчатости зерна и урожайности. Стандарт относится к интенсивной группе по данным показателям, а также по массе 1000 зерен (bi>1); высокостабилен (σ_d^2<1) по содержанию белка.

Сорт Иртыш 33 стабилен и пластичен (bi>1 и σ_d^2<1) по массовой доле белка; входит в интенсивную группу (bi>1) по белковости и крахмалистости зерна. Высокостабилен (σ_d^2<1) по содержанию белка, сырого жира, пленчатости зерна и урожайности.

Таблица 5

Характеристика сорта ярового овса Иртыш 33 по адаптивности в среднем за 2016–2022 гг.
Characteristics of the spring oat variety Irtysh 33 in terms of adaptability on average for 2016–2022.

Сорт	Массовая доля белка		Массовая доля крахмала		Массовая доля сырого жира		Пленчатость зерна		Масса 1000 зерен		Урожайность	
	bi	σ_d^2	bi	σ_d^2	bi	σ_d^2	bi	σ_d^2	bi	σ_d^2	bi	σ_d^2
Орион, стандарт	0,99	0,14	0,86	1,27	1,03	0,27	1,03	0,27	1,50	2,82	1,77	0,12
Иртыш 33	1,01	0,14	1,14	1,27	0,97	0,27	0,97	0,27	0,50	2,82	0,23	0,12

Примечание. bi – коэффициент регрессии (пластичность); σ_d^2 – степень стабильности реакции (стабильность).

Сорт включен в Госреестр РФ с 2022 г. и допущен к использованию в Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах.

ВЫВОДЫ

1. Новый перспективный сорт ярового овса Иртыш 33 в среднем за период исследований характеризовался повышенной урожайностью (+0,2 т/га к стандарту) и массой 1000 зерен (+3,7 г).

2. Анализ качества зерна показал достоверную прибавку по отношению к стандарту по массовой доле белка (+0,7%), крахмала (+0,9%) и сырого жира (+0,5%), а также пониженную пленчатость зерна (-1,3%).

3. Сорт Иртыш 33 характеризовался повышенным сбором питательных веществ с единицы площади: +0,05 т/га белка, +0,1 т/га крахмала и +0,02 т/га сырого жира к стандарту.

3. Сорт Иртыш 33 сочетает стабильность и пластичность по массовой доле белка (bi>1 и σ_d^2<1); относится к интенсивным (bi>1) по белковости и крахмалистости зерна. Стабилен (σ_d^2<1) по содержанию белка, сырого жира, пленчатости зерна и урожайности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Овес* – ценная зерновая культура / Г.Р. Нигматуллина, В.Н. Лукьянов, Р.А. Якупова [и др.] // Российский электронный научный журнал. – 2022. – № 4 (46). – С. 172–195.
2. *Impact* of Oats in the prevention/management of Hypertension / J. Bouchard, L.N. Malunga, S.J. Thandapilly [et al.] // Food Chemistry. – 2022. – Т. 381. – С. 132–198. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132198.

3. *Экологическая* оценка сортов пленчатого овса / Р.Б. Нурлыгаянов, Д.А. Гумеров, О.Б. Константинова [и др.] // Российский научный электронный журнал / Russian electronicscientific journal. – 2022. – № 3. – С. 86–108. – DOI: 10.31563/2308-9644-2022-45-3-86-108.
4. *Главный* межрегиональный центр. Посевные площади, валовые сборы и урожайность. сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx, свободный. (дата обращения: 01.08.2023).
5. *Молочное* стадо России сократилось до исторического минимума [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ng.ru/economics/2022-09-08/4_8535_herd.html, свободный (дата обращения: 16.10.2023).
6. *Коневодство* в России: особенности и основные виды [Электронный ресурс]. – URL: https://сельхозпортал.рф/articles/konevodstvo-v-rossii/, свободный (дата обращения: 16.10.2023).
7. *Долгих О.С., Кривдина О.А., Москалев А.А.* Российское свиноводство: прошлое, настоящее, будущее // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 8. – С. 60–63.
8. *Assessment* of oat varieties with different levels of breeding refinement from the Vavilov Institute's Collection applying the Method of metabolomic profiling /I.G. Loskutov, T.V. Shelenga, A.V. Konarev [et al.] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. – 2022. – Т. 183, N 1. – С. 104–117. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-104-117.
9. *Variety* identification of Oat seeds using Hyperspectral Imaging: Investigating the representation Ability of Deep convolutional neural Network / N. Wu, C. Mi, S. Zhu [et al.] // RSC Advances. – 2019. – Т. 9, N 22. – P. 12635–12644. – DOI: 10.1039/c8ra10335f.
10. *Petrova L.V.* Examining Perspective sowing Oat Vareties by yield structure Elements in Central Yakutia // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, N 1. – P. 10. – DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10134.
11. *Фомина М.Н., Брагин Н.А., Белоусов С.А.* Влияние агротехнических приемов на формирование качества зерна у сортов овса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 11. – С. 31–36. – DOI: 10.53859/02352451_2021_35_11_31.
12. *Kuchynková H., Pexová Kalinová Ja.* Influence of Variety and Growing Conditions on Fusarium occurrence, Mycotoxicological quality, and yield Parameters of hulled Oats // Cereal Research Communications. – 2021. – Т. 49, N. – P. 577–585. – DOI: 10.1007/s42976-021-00133-5.
13. *Ивенин А.В., Саков А.П.* Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на урожайность и качество зерна овса в Нижегородской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 5. – С. 580–588. –DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.580-588.
14. *Юсова О.А., Николаев П.Н.* Продуктивность и качество зерна ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6 (263). – С. 13–22.
15. *Оценка* адаптивных свойств сортов ярового ячменя в степных условиях Сибирского Прииртышья / П.Н. Николаев, Н.И. Аниськов, О.А. Юсова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 2 (47). – С. 37–44.
16. *Адаптивный* потенциал образцов овса по химическим и физическим характеристикам зерна / В.И. Полонский, С.А. Герасимов, А.В. Сумина [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 1. – С. 57–75. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-57-75.
17. *Баталова Г.А.* Селекция овса на качество зерна в Волго-Вятском регионе // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3 (27). – С. 81–87. – DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11038.
18. *Источники* овса голозерного для селекции на качество зерна / Г.А. Баталова, Н.В. Кротова, Е.Н. Вологжанина [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5 (66). – С. 18–23. – DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.18-23.
19. *Селекционно-семеноводческий* центр: (ретроспектива, настоящее, будущее) / под общ. ред. М.С. Чекусова, В.С. Бойко. – Омск: ИП Макшеева, 2020. – 180 с.
20. *Методические* указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / сост. И. Г. Лоскутов, О. Н. Ковалева, Е. В. Блинова. – Изд. 4-е, доп. и перераб. – СПб.: Гос. науч. учреждение ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 2012. – 63 с.
21. *Плешков Б.В.* Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1985. – 256 с.
22. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

REFERENCES

1. Nigmatullina G.R., Luk'yanov V.N., Yakupova R.A., Galeev A.F., Popova L.V., Nigamat'yanov I.I., *Rossiiskii elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2022, No. 4 (46), pp. 172–195. (In Russ.)

2. Bouchard J., Malunga L.N., Thandapilly S.J., Valookaran A.F., Raj P., Netticadan T., Aloud B.M., Impact of Oats in the prevention/management of Hypertension, *Food Chemistry*, 2022, Vol. 381, pp. 132–198, DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132198.
3. Nurlygayanov R.B., Gumerov D.A., Konstantinova O.B., Popova L.A., *Rossiiskii nauchnyi elektronnyi zhurnal /Russian electronicscientific journal*, 2022, No. 3, pp. 86–108. – DOI: 10.31563/2308-9644-2022-45-3-86-108. (In Russ.)
4. *Glavnyi mezhregional'nyi tsentr*. Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhainost'. sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii v 2022 godu.: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx. (In Russ.)
5. *Molochnoye stado Rossii sokratilos' do istoricheskogo minimuma*: https://www.ng.ru/economics/2022-09-08/4_8535_herd.html, free. (In Russ.)
6. Konevodstvo v *Rossii: osobennosti i osnovnyye vidy*: https://agriculturalportal.rf/articles/konevodstvo-v-rossii/. (In Russ.)
7. Dolgikh O.S., Krivdina O.A., Moskalev A.A., *Vestnik kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2012, No. 8, pp. 60–63. (In Russ.)
8. Loskutov I.G., Shelenga T.V., Konarev A.V., Khoreva V.I., Kerv Y.A., Blinova E.V., Gnutikov A.A., Rodionov A.V. Malyshev L.L., Assessment of oat varieties with different levels of breeding refinement from the Vavilov Institute's Collection applying the Method of metabolomic profiling, *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2022, Vol. 183, No. 1, pp. 104–117, DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-104-117.
9. Wu N., Mi C., Zhu S., He Y., Zhang C., Zhang Y., Na R., Variety identification of Oat seeds using Hyperspectral Imaging: Investigating the representation Ability of Deep convolutional neural Network, *RSC Advances*, 2019, Vol. 9, No. 22, pp. 12635–12644,OI: 10.1039/c8ra10335f.
10. Petrova L.V., Examining Perspective sowing Oat Vareties by yield structure Elements in Central Yakutia, *International Agricultural Journal*, 2020, Vol. 63, No. 1, pp. 10, DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10134.
11. Fomina M.N., Bragin N.A., Belousov S.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, Vol. 35, No. 11, pp. 31–36, DOI: 10.53859/02352451_2021_35_11_31. (In Russ.)
12. Kuchynková H., Pexová kalinová Ja., Influence of Variety and Growing Conditions on Fusarium occurrence, Mycotoxicological quality, and yield Parameters of hulled Oats, *Cereal Research Communications*, 2021, Vol. 49, No. 4, pp. 577–585, DOI: 10.1007/s42976-021-00133-5.
13. Ivenin A.V., Sakov A.P., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, Vol. 21, No. 5, pp. 580–588, DOI:10.30766/2072-9081.2020.21.5.580-588. (In Russ.)
14. Yusova O.A., Nikolaev P.N., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2016, No. 6 (263), pp. 13–22. (In Russ.)
15. Nikolaev P.N., Anis''kov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V., Popolzukhin P.V, *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2018, No. 2 (47), pp. 37–44. (In Russ.)
16. Polonskii V.I., Gerasimov S.A., Sumina A.V., Safonova I.V., Popolzukhin P.V., *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*, 2022, V. 183, No 1, pp. 57-75. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-57-75. (In Russ.)
17. Batalova G.A., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 3 (27), pp. 81–87, DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11038. (In Russ.)
18. Batalova G.A., Krotova N.V., Vologzhanina E.N., Zhuikova O.A., Zhuravleva G.P., Tulyakova M.V., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2018, No. 5 (66), pp. 18–23, DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.18-23. (In Russ.)
19. Chekusov M.S., Boiko V.S., *Selektsionno-semenovodcheskii tsentr: (retrospektiva, nastoyashchee, budushchee)* (Selection and seed production center: (retrospective, present, future)), Omsk: IP Maksheeva. Omsk, 2020, 180 pp.
20. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V., *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoi kollektsii yachmenya i ovsa* (Guidelines for the study and conservation of the world collection of barley and oats),Sankt-Peterburg: Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie VNII rastenievodstva im. N.I. Vavilova, 2012, 63 p.
21. Pleshkov B.V., *Praktikum po biokhimii rastenii* (Workshop on plant biochemistry), Moscow: Kolos, 1985, 256 p.
22. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)). Moscow: Al'yans, 2011, 350 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-178-184
УДК 631.559:633.11»321»:631.527(571.1)

ОЦЕНКА СОРТОВ И ЛИНИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

[1]**Н.А. Якунина,** кандидат сельскохозяйственных наук

[2]**Н.А. Поползухина**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

[1]**Ю.Ю. Паршуткин**, кандидат сельскохозяйственных наук

[1] *Омский аграрный научный центр, Омск, Россия*

[2] *Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия*

E-mail:yakunina@anc55.ru

***Ключевые слова*:** пшеница, сорт, селекционная линия, урожайность, индексы устойчивости к засухе

Реферат. *Экспериментальная часть работы проведена на базе отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2020-2022 гг. Селекционные линии яровой мягкой пшеницы были представлены тремя группами спелости: среднеранней – Г 6/17, Г 8/17, Г 10/17; среднеспелой – Г 7/17, Г 15/17, Г 16/17 и среднепоздней – Г 11/17, Г 14/17, Г 17/17. В качестве стандартов использовались сорта Памяти Азиева, Дуэт, Элемент 22. Для оценки образцов на засухоустойчивость использовали комплексную систему индексов, основанных на сравнении урожайности в стрессовых и благоприятных условиях. Произведены расчёты наиболее распространённых индексов: средней продуктивности (MP), индекса выносливости (TOL), индекса стабильности урожайности (YSI), индекса засухоустойчивости (DI), индекса толерантности к стрессу (STI). Рассчитан суммарный балл рангов по всем индексам. По результатам расчёта комплекса индексов засухоустойчивости были выделены 5 образцов с наибольшей суммой баллов: Г 6/17, Г 7/17, Г10/17, Г 11/17, Г 15/17, которые могут быть использованы в дальнейшем селекционном процессе. Расчёт коэффициентов корреляции позволил выявить высокую положительную связь между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была установлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76), что говорит о достаточно высокой надёжности.*

ASSESSMENT OF SPRING BROAD WHEAT VARIETIES AND LINES FOR DROUGHT RESISTANCE IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA USING DROUGHT RESISTANCE INDICES

[1]**N.A. Yakunina,** PhD in Agricultural Sciences

[2]**N.A. Pololzukhina,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor

[1]**YU.Yu. Parshutkin,** PhD in Agricultural Sciences

[1]*Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia*

[2]*Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia*

E-mail: yakunina@anc55.ru

***Keywords*:** *wheat, variety, breeding line, yield, drought resistance indices*

Abstract. *The experimental part of the work was carried out based on the seed production department of the Omsk Agrarian Research Center in 2020-2022. Breeding lines of spring soft wheat were represented by three ripeness groups: mid-early – G 6/17, G 8/17, G 10/17; mid-season - G 7/17, G 15/17, G 16/17 and mid-late - G 11/17, G 14/17, G 17/17. The varieties Pamyati Azieva, Duet, and Element 22 were standard. A complex system of indices was used to evaluate the samples for drought resistance, based on comparison of yields under stressful and favorable conditions. The most common indices were calculated: average productivity (MP), endurance index (TOL), yield stability index (YSI), drought resistance index (DI), and stress intolerance index (STI). The total rank score for all indices was calculated. Based on estimating a set of drought resistance indices, five samples with the highest number of points were identified: G 6/17, G 7/17, G10/17, G 11/17, and G 15/17, which can be used in further selection. The calculation of correlation coefficients revealed a high positive relationship between average productivity and the stress tolerance index (0.99), as well as the yield stability index (0.73), between the endurance*

index and the drought resistance index (0.89). A close positive relationship was also established between the stability and stress tolerance indexes (0.76), indicating a relatively high reliability.

Особенностью климата южной лесостепи Западной Сибири является континентальность – сравнительно небольшое количество осадков, непостоянство температурных показателей и значительное варьирование их по отношению к средним величинам, что играет немаловажную роль в формировании и развитии культурных растений. Частая смена холодных и тёплых воздушных масс обеспечивает резкие и быстрые изменения погоды, что приводит к неустойчивости климата. Экстремальные условия, связанные с температурой и влагообеспеченностью растений – это наиболее частая причина снижения продуктивности или резких её колебаний по годам. Одним из основных факторов внешней среды, влияющих на растение, является температура, поскольку существует тесная связь между продуктивностью растений и физиологическими ограничениями их приспособленности к температурному стрессу [1].

При недостатке влаги продолжительный период времени в сочетании с высокими температурами можно наблюдать такое явление, как засуха. Приспособленность растений к высоким температурам заложена генетически, определяя приспособленность растений к неблагоприятным условиям обитания, а также адаптацию к недостатку воды, и характеризуется как засухоустойчивость. Она выражается в способности растений переносить обезвоживание за счёт развития высокого водного потенциала тканей при функциональной сохранности клеточных структур, транспирации [2], а также за счёт адаптивных морфологических особенностей стеблей, листьев, генеративных органов, повышающих их выносливость, толерантность к действию долговременной засухи [3].

Для создания урожая растения потребляют большое количество питательных веществ. Потребность в элементах питания зависит от наследственных признаков растений, в свою очередь, увеличение продуктивности неразрывно связано с адаптивностью культурных растений, их устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды. Поэтому разработка эффективных путей повышения устойчивости к стрессам и получения высоких урожаев является одной из основных задач селекционеров [4, 5].

Для комплексной оценки растений на устойчивость к абиотическим факторам используют индексы засухоустойчивости [6]. Они основаны на сравнении урожайности в благоприятных и стрессовых условиях. Для оценки используются, как правило, несколько индексов устойчивости.

Цель исследования заключалась в оценке сортов и перспективных линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе в условиях южной лесостепи Западной Сибири с помощью комплекса индексов засухоустойчивости.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная часть работы проведена на базе отдела семеноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2020–2022 гг. Селекционные линии были представлены тремя группами спелости – среднеранней, среднеспелой и среднепоздней. В качестве стандартов использовались сорта Памяти Азиева, Дуэт, Элемент 22. Полевые опыты были заложены по предшественнику пар с нормой высева 5,0 млн всхожих зёрен на 1 га на делянках площадью 15 м^2 в четырехкратной повторности. Все наблюдения и учёты проведены по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [7], для статистической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа с использованием прикладной программы Microsoft Exel. Проанализированы корреляционные связи индексов устойчивости между собой и с урожайностью зерна исследуемых селекционных линий.

Для определения засухоустойчивости использовали комплексную характеристику образцов по совокупности индексов: средней продуктивности (MP), индексу выносливости (TOL) [8], индексу стабильности урожайности (YSI) [9], индексу засухоустойчивости (DI) [10], индексу толерантности к стрессу (STI) [11]. Эта методика используется для ранжирования наборов сортов мягкой пшеницы [12, 6].

При использовании коэффициента ранговой корреляции по Спирмену [13, 14] условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента меньше 0,3 признаком слабой тесноты связи; более 0,3, но менее 0,7 – признаком умеренной тесноты связи, а 0,7 и более – признаком высокой тесноты связи.

Лучший образец имеет ранг 1 по урожайности, по всем индексам образцы ранжированы в порядке убывания значений, по индексу TOL – в порядке возрастания, так как лучший образец меньше всего снижает урожайность в засушливый год. Произведён расчёт суммарного балла по всем индексам засухоустойчивости.

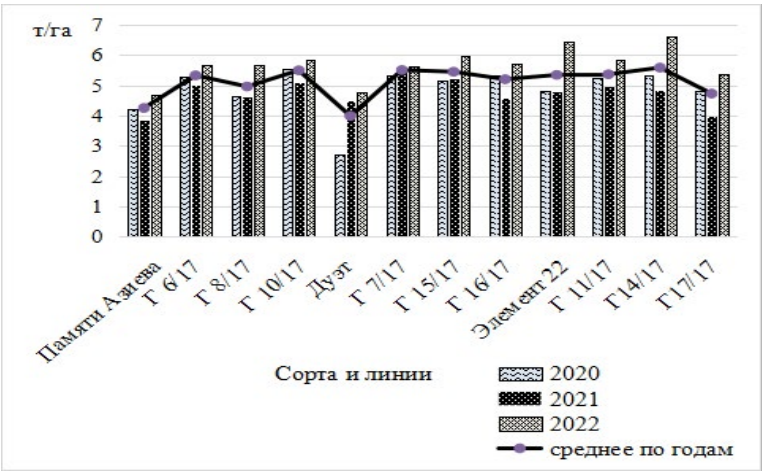
Гидротермические условия вегетационного периода 2020–2022 гг. были контрастными и в целом отражали особенности региона. Влагообеспеченность определяли по показателю ГТК [15]. В 2020 г. в июне, июле средняя температура была в пределах нормы, а в мае и августе превышала среднемноголетние данные на 1–2°С. Сумма осадков за май – август была ниже нормы и составила 169 мм, или 82% от среднемноголетних значений (206 мм). ГТК составил 0,77, что характеризовало этот год как умеренно засушливый. Следующий 2021 г., характеризовался засушливостью, за весенне-летний период выпало незначительное количество осадков (164 мм, или 79,6% к норме) на протяжении всего вегетационного периода, температура была выше нормы на 2–4°С. В 2021 г. гидротермический коэффициент был равен 0,58, что свидетельствовало о сильной засухе в период роста и развития растений. В 2022 г. показатель ГТК составил 1,02, в начале вегетации (май–июнь) наблюдалась засуха, а во второй половине июля сумма осадков достигла 121,2 мм, или 202% к норме. Основные осадки выпали в третьей декаде месяца – 96,6 мм, или 161% от среднемноголетних значений, а в августе отмечалось незначительное их количество.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексным показателем адаптивности сорта к условиям выращивания является его продуктивность [2, 16]. Продуктивность определяется генетической информацией, заложенной в растительной клетке, а также условиями среды, в которых растения произрастают. Урожайность растения является сложным признаком, имеющим полигенный контроль, формирование которого во многом зависит от метеорологических условий в течение вегетационного периода [17]. Создание сортов пшеницы с максимально высоким уровнем урожайности является конечной целью селекционного процесса [18].

Оценка сортообразцов по урожайности зерна показала, что в среднем по сортам в 2020 г. этот показатель составил 4,87 т/га (рисунок).

Наибольшим уровнем урожайности в среднеранней группе характеризовались Г6/17 (+1,09 т/га), Г10/17 (+1,36 т/га); в среднеспелой – Г15/17 (+2,43 т/га), Г16/17 (+ 2,6 т/га), Г7/17 (+ 2,61 т/га); в среднепоздней – Г11/17 (+0,44 т/га) и Г 14/17 (+0,49 т/га).



Урожайность сортов и линий яровой мягкой пшеницы (2020–2022 гг.)

Productivity of varieties and lines of spring soft wheat (2020–2022)

В 2021 г. средняя урожайность изучаемых линий яровой мягкой пшеницы составила 4,63 т/га, варьируя от 3,85 до 5,08 т/га. В группе среднеранних были выделены линии Г6/17 и Г10/17, превышающие сорт-стандарт Памяти Азиева на 1,16 и 1,23 т/га соответственно.

У среднеспелых линий своё преимущество показали Г 7/17(+1,06 т/га) и Г 15/17 (+0,74 т/га). Среднепоздние линии Г11/17 (+ 0,19) и Г 14/17 (+ 0,04) незначительно превысили сорт -стандарт по этому показателю.

Средняя урожайность сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в 2022 г. составила 5,68 т/га. Наибольшие показатели были отмечены у линий среднеранней группы Г 10/17 (5,84 т/га), Г 6/17 (5,68 т/га), Г 8/17 (5,65 т/га), среднеспелых Г 7/17, Г 15/17 и Г 16/17, которые превысили Дуэт на 0,87; 1,2 и 0,96 т/га соответственно. В группе среднепоздних образцов урожайность не отличалась от стандарта. Именно она была принята за «урожайность в благоприятных условиях».

Проведённые исследования позволили установить, что наиболее благоприятные условия для формирования урожайности зерна яровой мягкой пшеницы были в 2022 г., когда в среднем по образцам урожайность составила 5,68 т/га. В качестве показателя «урожайность в условиях стресса» была принята урожайность за 2021 г., которая составила 4,75 т/га.

По урожайности зерна исследуемых сортов и селекционных линий были произведены расчёты 5 индексов засухоустойчивости (таблица).

По полученным результатам всем образцам был присвоен ранг. Наиболее высокими рангами по урожайности (MP) характеризовались линии Г 15/17, Г 10/17, Г 7/17, Г 6/17. Индекс выносливости (TOL) показывает, насколько снизилась урожайность в стрессовый год по сравнению с благоприятным. Наибольшая величина этого индекса была установлена для сортов Элемент 22, Дуэт, линий Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17 и Г 6/17. Наибольшим индексом засухоустойчивости (DI) характеризовались селекционные линии Г 6/17, Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17 и сорт Дуэт. По индексу толерантности к стрессу (STI) выделились следующие линии: Г 15/17, Г7/17, Г 10/17, Г 11/17, Г 14/17 и сорт Элемент 22. Высокий индекс стабильности урожайности (YSI) был отмечен для сортообразцов Г 7/17, Дуэт, Г 6/17, Г 15/17, Г 10/17 и Г 11/17.

Индексы засухоустойчивости и ранги (в баллах) сортов и перспективных линий яровой мягкой пшеницы
Drought resistance indices and rankings (in points) of varieties and promising lines of spring soft wheat

Сорт, образец	Урожайность			MP					Суммарный балл /ранг
	2020 г.	2021 г.	2022 г.		TOL	YSI	DI	STI	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Памяти Азиева, стандарт	4,20 / 11	3,85 / 12	4,70 / 12	4,28 / 12	0,85 / 6	0,82 / 7	0,66 / 10	0,56 / 12	83 / 12
Г 6/17	5,29 / 5	5,01 / 4	5,68 / 7	5,35 / 7	0,67 / 3	0,88 / 3	0,93 / 3	0,88 / 7	39 / 4
Г 8/17	4,63 / 10	4,60 / 8	5,65 / 8	5,13 / 9	1,05 / 8	0,81 / 8	0,79 / 6	0,81 / 9	67 / 10
Г 10/17	5,56 / 1	5,08 / 3	5,84 / 5	5,46 / 4	0,76 / 5	0,87 / 5	0,93 / 3	0,92 / 5	31 / 3
Дуэт, стандарт	2,73 / 12	4,49 / 10	4,75 / 11	4,62 / 11	0,26 / 2	0,95 / 2	0,89 / 4	0,66 / 11	63 / 9
Г 7/17	5,34 / 2	5,55 / 1	5,62 / 9	5,58 / 3	0,07 / 1	0,99 / 1	1,16 / 1	0,97 / 2	20 / 1
Г 15/17	5,16 / 7	5,23 / 2	5,95 / 3	5,59 / 2	0,72 / 4	0,88 / 4	0,97 / 2	0,96 / 3	27 / 2
Г 16/17	5,33 / 3	4,56 / 9	5,71 / 6	5,14 / 8	1,15 / 9	0,80 / 9	0,77 / 7	0,81 / 8	59 / 8

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Элемент 22, ст.	4,82 / 9	4,78 / 7	5,96 / 2	5,37 / 6	1,18 / 11	0,80 / 10	0,81 / 8	0,88 / 4	57 / 7
Г 11/17	5,26 / 6	4,97 / 5	5,86 / 4	5,42 / 5	0,89 / 7	0,85 / 6	0,89 / 5	0,90 / 6	44 / 5
Г14/17	5,31 / 4	4,83 / 6	6,61 / 1	5,72 / 1	1,78 / 12	0,73 / 12	0,74 / 9	0,99 / 1	46 / 6
Г17/17	4,83 / 8	3,99 / 11	5,36 / 10	4,68 / 10	1,37 / 10	0,74 / 11	0,63 / 11	0,66 / 10	81 / 11
Среднее по сортам	4,87	4,75	5,68						

Примечание. В числителе – значение показателя, в знаменателе – ранг.

При учете благоприятных и неблагоприятных условий выращивания используется суммарный балл по всем рассчитанным индексам. По полученным результатам суммарный балл варьировал от 20 до 83. Линии, имеющие минимальный суммарный ранг, вошли в группу наиболее устойчивых к неблагоприятным условиям выращивания, к ним были отнесены следующие: Г 7/17, Г 15/17, Г 10/17, Г 6/17.

Изучение связей между признаками играет большую роль в селекционной работе, эти связи могут быть использованы при отборе и создании желаемых сортов растений. Большинство признаков, определяющих урожайность, взаимосвязаны между собой, в результате чего изменение одних ведёт к изменению других [19].

По полученным данным нами были рассчитаны коэффициенты корреляции между индексами засухоустойчивости и урожайностью сортообразцов в благоприятных и стрессовых условиях.

Высокая положительная связь была выявлена между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была выявлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76).

ВЫВОДЫ

1. Выделены перспективные образцы с высокой продуктивностью: в среднеспелой группе – Г 15/17, Г 7/17 Г 16/17, в среднеранней – Г10/17, Г 8/17 и Г 6/17, в среднепоздней – Г 11/17, Г 14/17 Г и Г 17/17.

2. По результатам расчета комплекса индексов засухоустойчивости были выделены 5 образцов с наименьшей суммой баллов - Г 6/17, Г 7/17, Г10/17, Г 11/17, Г 15/17.

3. Расчет коэффициентов корреляции позволил выявить высокую положительную связь между средней продуктивностью и индексом толерантности к стрессу (0,99), а также индексом стабильности урожайности (0,73); между индексом выносливости и индексом засухоустойчивости (0,89). Тесная положительная взаимосвязь была установлена также между индексом стабильности и индексом толерантности к стрессу (0,76), что говорит о согласованном изменении двух индексов, отражающем тот факт, что изменчивость одного из них находится в соответствии с изменчивостью другого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Оценка* экологической стабильности и пластичности сортов яровой мягкой пшеницы селекции ГНУ СибНИИСХ и ТОО НПЦЗХ им. А.И. Бараева / Н.А. Якунина, Н.А. Поползухина, О.А. Шмакова [и др.] // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2013. – Т. 3, № 6. – С. 308–311. – EDN: RDISXP.

2. *Леушкина В.В., Поползухина Н.А., Кротова Л.А.* Физиолого-генетические аспекты адаптивности яровой мягкой пшеницы к условиям южной лесостепи Западной Сибири: монография. – Омск: Омский ГАУ, 2010. – 180 с.
3. *Володько И.К.* Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным условиям. – Минск: Наука и техника, 1983. – 213 с.
4. *Калашник Н.А., Поползухина Н.А., Михальцова М.Е.* Цитоплазматическая изменчивость пшеницы в селекции на адаптивность: монография. – Омск: Сфера, 2005. – 91 с.
5. '*Омская Юбилейная*' – адаптивный сорт яровой мягкой пшеницы для Сибирского региона / Н.А. Поползухина, П.В. Поползухин, А.А. Гайдар [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181, № 4. – С. 120–126. – DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126; EDN: XQYSXU.
6. *Использование* индексов засухоустойчивости при изучении коллекции яровой мягкой пшеницы в условиях Актюбинской области / Ж.Т. Калыбекова, В.И. Цыганков, Е.В. Зуев, Л.Ю. Новикова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, № 3. – С. 85–95. – DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95; EDN: CAIYFY.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. *Rosielle A.A., Hamblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment // Crop Science. – 1981. – Vol. 21 (6). – P. 943–946. – DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x.
9. *Bouslama M., Schapaugh Jr. W.T.* Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Science. – 1984/. – Vol. 24 (5). – P. 933–937. – DOI: 10.2135/crop sci1984.0011183X002400050026x.
10. *Lan J.* Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops // Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica. – 1998. – Vol. 7. – P. 85–87.
11. *Fernandez G.C.J.* Effective selection criteria for assessing stress tolerance // Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. – Taiwan: AVRDC, 1992. – P. 257–270.
12. *Пакуль В.Н., Плиско Л.Г.* Засухоустойчивость сортов яровой мягкой пшеницы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 12–2 (78). – С. 49–52. – DOI: 10.23670/ IRJ.2018.78.12.046; EDN: YSUKIH.
13. *Зайцев Г.Н.* Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
14. *Efficiency* of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection / S. Bennani, N. Nsarellah, M. Jlibene [et al.] // Australian Journal of Crop Science. – 2017. – Vol. 11 (04). – P. 395–405. – DOI: 10.21475/ajcs.17.11.04.pne272.
15. *Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А.* Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – Вып. 2. – С. 120–126.
16. *Поползухина Н.А.* Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири на основе сочетания индуцированного мутагенеза и гибридизации: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 2004. – 36 с.
17. *Якунина Н.А.* Экологическое сортоизучение яровой мягкой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири и степи Северного Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.–х. наук. – Тюмень, 2018. – 16 с.
18. *Земцова Е.С., Боме Н.А.* Анализ структуры урожая яровой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 2 (62). – С. 23–28. – DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.
19. *Шмакова О.А., Поползухина Н.А.* Адаптивность яровой мягкой пшеницы в условиях Среднего Прииртышья: монография. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ, 2008. – 128 с.

REFERENCES

1. Yakunina N.A., Popolzukhina N.A., Shmakova O.A., *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva*, 2013, Vol. 3, No. 6, pp. 308–311, EDN: RDISXP. (In Russ.)

2. Leushkina V.V., Popolzukhina N.A., Krotova L.A., *Fiziologo-geneticheskiye aspekty adaptivnosti yarovoy myagkoy pshenitsy k usloviyam yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Physiological and genetic aspects of the adaptability of spring bread wheat to the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Omsk State Agrarian University, 2010, 180 p.
3. Volodko I.K., *Mikroelementy i ustoychivost' rasteniy k neblagopriyatnym usloviyam* (Microelements and plant resistance to adverse conditions), Minsk: Science and Technology, 1983, 213 p.
4. Kalashnik N.A., Popolzukhina N.A., Mikhaltsova M.E., *Tsitoplazmaticheskaya izmenchivost pshenitsy v selektsii na adaptivnost* (Cy toplasmic variability of wheat in breeding for adaptability), Omsk: Sfera, 2005, 91 p.
5. Popolzukhina N.A., Popolzukhin P.V., Gaidar A.A. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2020, Vol. 181, No. 4, pp. 120–126, DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126, EDN: XQYSXU. (In Russ.)
6. Kalybekova J.T., Tsygankov V.I., Zuev E.V., Novikova L.Y., *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2022, Vol. 183, No. 3, pp. 85–95, DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95, EDN: CAIYFY. (In Russ.)
7. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field trial), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
8. Rosielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment, *Crop Science*, 1981, Vol. 21 (6), pp. 943–946, DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183X00 2100060033x.
9. Bouslama M., Schapaugh Jr. W.T., Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance, *Crop Science*, 1984, Vol. 24 (5), pp. 933–937, DOI: 10.2135/crops ci1984.0011183X002400050026x.
10. Lan J., Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops, *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 1998, Vol. 7, pp. 85–87.
11. Fernandez G.C.J., Effective selection criteria for assessing stress tolerance, *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*, Taiwan: AVRDC, 1992, pp. 257–270.
12. Pakul V.N., Plisko L.G., *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2018, No 12–2 (78), pp. 49–52, DOI: 10.23670/IRJ.2018.78.12.046, EDN: YSUKIH. (In Russ.)
13. Zaitsev G.N., *Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* (Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany), Moscow: Nauka,1973, 256 p.
14. Bennani S., Nsarellah N., Jlibene M., Tadesse W., Birouk A., Ouabbou H., Efficiency of drought tolerance indices under different stress severities for bread wheat selection, *Australian Journal of Crop Science*, 2017, Vol. 11 (04), pp. 395–405, DOI: 10.21475/ajcs.17.11.04.pne272.
15. Perevedentsev Y.P., Sharipova R.B., Vazhnova N.A., *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, 2012, Vol. 2, pp. 120–126. (In Russ.).
16. Popolzukhina N.A., *Selektsiya yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri na osnove sochetaniya indutsirovannogo mutageneza i gibridizatsii* (Breeding of spring wheat in western Siberia based on combination of induced mutagenesis and hybridization), Abstract of thesis, Omsk, 2004. 36 p. (In Russ.).
17. Yakunina N.A., *Ekologicheskoe sortoizuchenie yarovoy myagkoy pshenitsy v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri i stepi Severnogo Kazakhstana* (Ecological varietal study of spring soft wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia and the steppe of Northern Kazakhstan), abstract of Ph. Candidate of Agricultural Sciences, Tyumen, 2018, 16 p.
18. Zemtsova E.S., Bome N.A., *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, Vol. 16, No. 2 (62), pp. 23–28, DOI: 10.12737/2073-0462-2021-23-28.
19. Shmakova O.A., Popolzuhina N.A., *Adaptivnost' jarovoj mjagkoj pshenicy v uslovijah Srednego Priirtysh'ja* (Adaptability of spring soft wheat in the conditions of the Middle Irtysh region), Omsk: Izd-vo FGBOU VPO OmGAU, 2008, 128 p.

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-185-195
УДК 636.4:577.118:546.48

УРОВЕНЬ КАДМИЯ В ПАРЕНХИМАТОЗНЫХ ОРГАНАХ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС

О.А. Зайко, кандидат биологических наук
Т.В. Коновалова, старший преподаватель
В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Ключевые слова: кадмий, печень, почки, селезенка, легкие, свиньи, ландрас.

Реферат. *Представлены результаты оценки концентрации кадмия в печени, почках, легких и селезенке свиней породы ландрас. Исследования проведены на клинически здоровых животных 6 месяцев, выращенных в крупном свиноводческом предприятии Алтайского края. Условия содержания животных являлись стандартными, применялось типовое кормление в рамках мясного откорма. Уровень кадмия в паренхиматозных органах определялся с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой. Работу с данными выполняли, используя Microsoft Office Excel, язык программирования R, среду анализа данных RStudio версии 2022.07.2+576 (RStudio, PBC). Установлена необходимость использования непараметрических критериев. Учитывая средние значения и медианы, сформирован возрастающий ранжированный ряд содержания кадмия в органах: легкие < селезенка < печень < почки, в числовом выражении, ориентируясь на первый статистический показатель: 1,0 : 1,1 : 2,1 : 36,0. Уровни кадмия, охарактеризованные медианой, в печени, почках, легких и селезенки составили соответственно 0,015; 0,220; 0,007 и 0,008 мг/кг. Наибольшей однородностью по концентрации тяжелого металла отличались легкие и селезенка. Максимальная изменчивость характерна для почек. На основании критерия Краскела-Уоллиса определено, что аккумуляция кадмия значимо различается в исследуемых органах ($H = 66,96$, $df = 3$, $p < 0,0001$). Попарное сравнение продемонстрировало значимые отличия для пар «почки – печень» ($p < 0,0001$), «почки – селезенка» ($p < 0,0001$), « почки – легкие » ($p < 0,0001$), « печень – легкие » ($p < 0,001$). Кластерный анализ выявил три группы: «легкие – селезенка», и «печень – легкие, селезенка» и «почки», значимо отличающиеся уровнем накопления кадмия. Почки являются органом-мишенью для кадмия. Полученные данные могут использоваться в качестве мониторинговых и ориентировочных нормативных показателей содержания кадмия в печени, почках, легких и селезенке свиней ландрасской породы в условиях Западной Сибири и для характеристики интерьера животных.*

CADMIUM LEVEL IN PARENCHYMATOUS ORGANS OF LANDRACE PIGS

O.A. Zayko, PhD in Biological Sciences
T.V. Konovalova, Senior Lecturer
V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: cadmium, liver, kidneys, spleen, lungs, pigs, landrace.

Abstract. *The results of assessing the concentration of cadmium in the liver, kidneys, lungs, and spleen of Landrace pigs are presented. The studies were conducted on clinically healthy 6-month-old animals raised in a sizeable pig-breeding enterprise in the Altai Territory. The conditions for keeping the animals were standard; standard feeding was used for meat fattening. The level of cadmium in parenchymal organs was determined using inductively coupled plasma atomic emission spectral analysis. Data processing was performed using Microsoft Office Excel, the R programming language, and the RStudio data analysis environment version 2022.07.2+576 (RStudio, PBC). The need to use nonparametric criteria has been established. Considering the average values and medians, the authors formed an increasingly ranked series of cadmium content in organs: lungs < spleen < liver < kidneys, in numerical terms, focusing on the first statistical indicator: 1: 1.1: 2.1: 36.0.*

Химические элементы, в том числе токсичные, могут поступать в пищевую цепь человека как естественные компоненты окружающей среды или по причине антропогенной деятельности, например, широкого применения удобрений и пестицидов, сжигания ископаемого топлива, утилизации отходов, выбросов производственных предприятий [1]. Они способны биоаккумулироваться и биоусиливаться на уровне продуктов питания, достигая токсичных величин даже, казалось бы, при низких концентрациях [2].

Диета является наиболее важным источником воздействия некоторых минералов, не учитывая отдельные профессиональные риски, и периодическое обновление их содержания в продуктах питания представляет собой ключевой элемент для всесторонней оценки потребления и возможных связанных с этим рисков для здоровья [3].

Учитывая потенциал воздействия на элементы биосферы, кадмий относят к первому классу опасности, особо токсичным химическим элементам, вместе с мышьяком, ртутью, свинцом и некоторыми другими [4].

Существует значительная положительная связь между воздействием кадмия и возникновением заболеваний в человеческой популяции [5]. Считается, что негативным воздействием на здоровье обладают его уровни, ранее считавшиеся пороговыми значениями токсичности, также существует опасность хронического влияния. Кадмий ассоциирован с повышенным риском развития хронических болезней почек даже при низких уровнях поступления [6, 7]. Некоторыми возможными эффектами являются патологии со стороны желудочно-кишечного тракта, органов дыхания, анемия, гипертензия, сердечная недостаточность, сахарный диабет, болезнь итай-итай, остеопороз [8–12]. Основными органами-мишенями поражения рассматриваемого химического элемента являются почки, костная ткань и легкие [13, 14].

Кадмий занимает седьмую позицию в соответствии с рейтингом Агентства по регистрации токсичных веществ и заболеваний, он классифицирован как канцероген первой группы для человека, способный вызвать рак легких, предстательной железы, почек, молочной железы, эндометрия и мочевого пузыря [15, 16]. Кроме того, кадмий является мутагенным элементом [17].

Наряду с объемным комплексом мер необходимо максимально предотвращать использование продуктов, содержащих кадмий, чтобы уменьшить его негативное воздействие на человека; пользуясь актуальной информацией [18], следует выявлять потенциально опасные территории и разрабатывать программы для существенного снижения случаев токсичности [19, 20]. Особенно остро это звучит на фоне потребности в переоценке пороговых значений токсичности кадмия [6]. Полезным в этом плане может стать исследование интерьера сельскохозяйственных животных в отношении химических элементов в рамках мониторинга, оценки состояния здоровья, неотъемлемо связанного с продуктивностью [21–24]. В этом отношении в Западной Сибири проводится комплексное изучение их генофонда и фенофонда, в том числе с поиском новых подходов к оценке химического статуса [25–30].

Целью представленной работы являлось установление содержания и изменчивости кадмия в таких паренхиматозных органах, как печень, почки, лёгкие и селезенка свиней породы ландрас.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование выполнено на группе свиней ландрасской породы, выращенных на крупном предприятии промышленного типа в Алтайском крае. На всех технологических этапах выращивания животные находились под контролем ветеринарных специалистов. Все животные подвергались плановым ветеринарным обработкам, были клинически здоровы на протяжении всего технологического цикла. Условия содержания соответствовали типовым для мясного откорма на основании ГОСТ 28839-2017. Кормление выполнялось стандартными, сбалансированными по питательной, минеральной и витаминной составляющей полнорационными комбикормами в зависимости от этапа выращивания. Проверка качества комбикормов на соответствие номенклатуре гарантированных и дополнительных показателей выполнялась на основании ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ Р 51850-2001. Последний с 2020 г. заменен на ГОСТ 23462-2019. Для всех физиологических групп на одинаковом уровне нормируются уровни кадмия, свинца, ртути и мышьяка. Вода, использующаяся для поения животных, соответствовала второму классу.

В рамках комплексного экологического мониторинга дополнительно выполнялся элементный анализ воды, почвы и корма на территории свинокомплекса, отклонений от норм не зарегистрировано [31, 32].

Откорм свиней проводился до 100 кг, возраст перед убоем состовлял 150–160 дней. Финишные этапы получения продуктов убоя соответствовали ГОСТ 31476-2012, действующей технологической инструкции к нему, техническим регламентам ТС 034/2013 и ТС 021/2011.

Отбор проб печени, почек, легких и селезенки свиней выполнялся после нутровки и оценки ветеринарным врачом, конфискаты отсутствовали. Число проб составило 106. Образцы массой около 100 г каждый упаковывались и хранились индивидуально в зип-лок пакетах в условиях морозильной камеры с температурным режимом от -18 до -24°С. Перед исследованием пробы размораживали. Уровень кадмия устанавливался методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой на оборудовании iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific) с индексом способа обзора плазмы Duo в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

С полученными данными работали, используя ПО Microsoft Office Excel, среду анализа данных RStudio версии 2022.07.2+576 (RStudio, PBC) для языка программирования R. Устанавливались некоторые показатели описательной статистики: среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, медиана, среднеквадратическое отклонение, первый и третий квартили, интерквартильный размах, максимальное и минимальное значение содержания кадмия, отношение крайних вариант как частное от деления максимального значения на минимальное. Необходимо отметить, что по одной пробе печени и почек было исключено из расчётов из-за более низких значений в сравнении с пределом обнаружения, соответственно <0,001 и <0,002 мг/кг.

Характер распределения оценивался рядом критериев, включая такие, как Шапиро-Уилка и Андерсона-Дарлинга, гомогенность дисперсий – критерием Флигнера-Килина.

Различия в накоплении кадмия в зависимости от внутреннего органа характеризовались непараметрическим критерием Краскела-Уоллиса, попарные – тестом Данна с поправкой Холма. Для кластерного анализа использовался метод Варда, метрикой расстояний было манхэттенское расстояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках обеспечения качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов, используемых человеком, необходим мониторинг уровня химических элементов в органах и тканях сельскохозяйственных животных, особенно это касается таких субпродуктов, как печень и почки, где они преимущественно накапливаются [22]. С целью оценки здоровья человека в некоторых случаях даже предлагается выполнять анализ его органов и тканей в отношении разного рода минералов [33]. Но все же предпочтение необходимо отдавать контролю на более ранних этапах пищевой цепи, уделяя особое внимание активно использующимся продуктам питания и поиску новых, даже минимальных, подходов, которые способны внести вклад в уменьшение воздействия поллютантов на человека.

Оценка характера распределения уровня кадмия в паренхиматозных органах свиней породы ландрас, используя, в том числе, коэффициенты асимметрии и эксцесса, графики нормальной вероятности и некоторые другие, выявила необходимость использования непараметрических методов, хотя в тесте Шапиро-Уилка W-критерий для печени, почек, легких и селезенки, соответственно равнялся 0,95; 0,94; 0,98 и 0,96 при уровнях значимости больше 0,05. На основании критерия Андерсона-Дарлинга в случае со всеми органами распределение может считаться нормальным ($p>0,05$). При этом дисперсии были негомогенными ($p<0,05$).

В табл. 1 показаны уровни аккумуляции кадмия в исследованных внутренних органах свиней породы ландрас, где резко выделяются почки по рассматриваемому признаку, превосходя в 10 раз и более другие анализируемые структуры организма. Можно сформировать числовой относительный ранжированный ряд, в котором за единицу взята наименьшая концентрация кадмия в легких: 1 : 1,1 : 2,1 : 36,0, что соответствует следующему: легкие < селезенка < печень < почки. Аналогичным образом выглядит ранжированный ряд в отношении очередности органов, если учитывать медиану.

Таблица 1

Содержание кадмия в органах свиней породы ландрас, мг/кг
Cadmium content in the organs of Landrace pigs, mg/kg

Органы	n	$\bar{x} \pm Sx$	Me	lim	Отношение крайних вариант
Печень	27	0,0150 ± 0,0020	0,015	0,001–0,039	1 : 39
Почки	24	0,2520 ± 0,0170	0,220	0,100–0,440	1 : 4,4
Селезенка	23	0,0080 ± 0,0003	0,008	0,005–0,011	1 : 2,2
Легкие	30	0,0070 ± 0,0003	0,007	0,003–0,011	1 : 3,7

Примечание. $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ – средняя арифметическая и ошибка средней; Me – медиана; Lim – максимальное и минимальное значение.
Note. $\pm S\bar{x}$ – arithmetic mean and mean error; Me – median; Lim – maximum and minimum value.

Для печени зарегистрировано наибольшее соотношение крайних вариант, что связано с наличием одного выброса, продемонстрированного на рис. 1, влияющего на различия в накоплении кадмия. Остальные паренхиматозные органы по данной характеристике достаточно близки друг к другу.

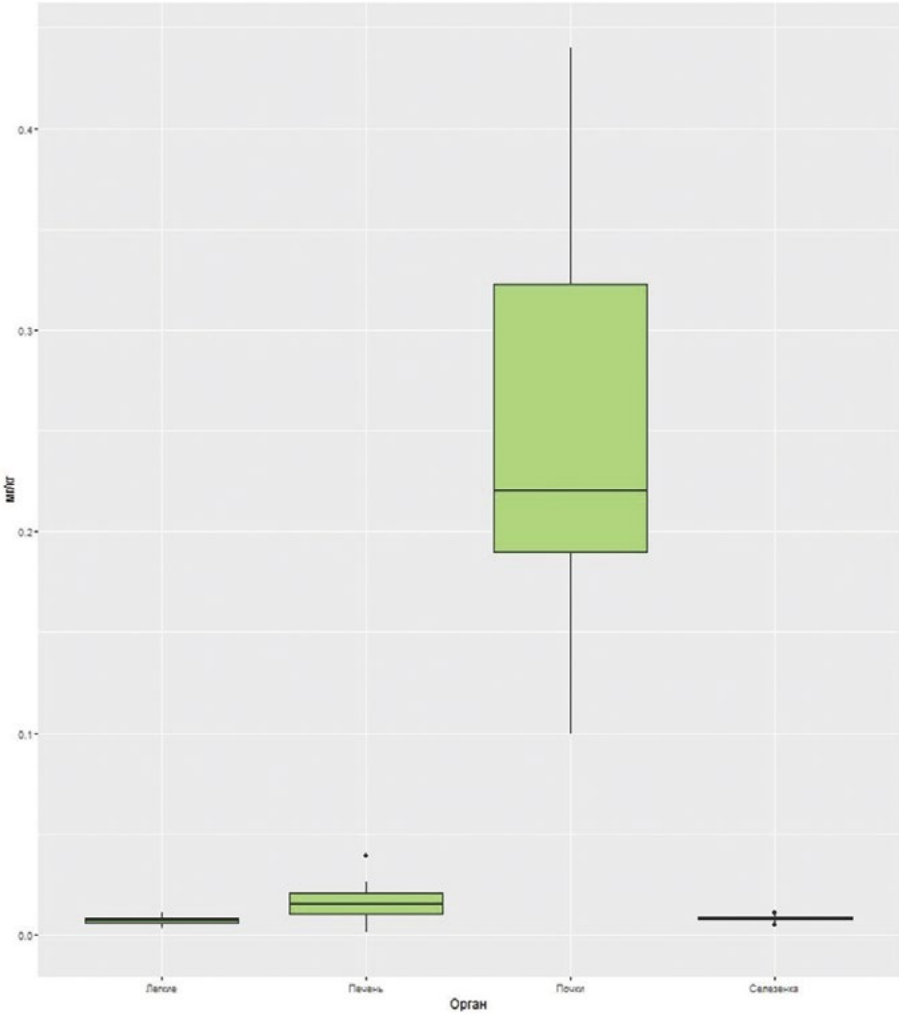


Рис. 1. Размах изменчивости уровня кадмия в органах свиней породы ландрас
The range of variability of cadmium levels in the organs of Landrace pigs

На рис. 1 представлен размах изменчивости количества кадмия в исследованных паренхиматозных органах. Наиболее однородными по концентрации поллютанта являются легкие и

селезенка. Зарегистрированы к вышесказанному еще два выброса в случае аккумуляции тяжелого металла в селезенке.

Характеризуя некоторые показатели изменчивости рассматриваемого признака, необходимо отметить, что наименьшие интерквартильные размахи характерны для селезенки и легких, эти же органы отличаются меньшим накоплением кадмия (табл. 2). Наибольшей изменчивостью отличается аккумуляция химического элемента в почках.

Таблица 2

Показатели изменчивости кадмия в органах свиней породы ландрас
Indicators of cadmium variability in the organs of Landrace pigs

Органы	n	σ	Q1	Q3	IQR
Печень	27	0,009	0,010	0,020	0,010
Почки	24	0,085	0,190	0,330	0,140
Селезенка	23	0,001	0,008	0,009	0,001
Легкие	30	0,002	0,006	0,008	0,002

Примечание. σ – среднее квадратическое отклонение; Q1 – 1-й квартиль; Q3 – 3-й квартиль; IQR – интерквартильный размах.
Note. σ – standard deviation; Q1 – 1st quartile; Q3 – 3rd quartile; IQR – interquartile ranges.

Непараметрический дисперсионный анализ на основании критерия Краскела-Уоллиса показал, что аккумуляция кадмия значимо разнится в представленных паренхиматозных органах свиней породы ландрас ($H = 66,96$, $df = 3$, $p < 0,0001$). Попарное сравнение представлено в табл. 3. Значимые отличия присущи для почек и всех остальных органов, а также для группы органов «печень – легкие».

Таблица 3

Попарное сравнение уровня кадмия в органах свиней породы ландрас
Pairwise comparison of cadmium levels in organs of Landrace pigs

Органы	Легкие	Печень	Почки
Печень	-3,44 <0,001*	-	-
Почки	-7,76 <0,0001*	-4,32 <0,0001*	-
Селезенка	-1,16 0,1234	2,08 0,0371	6,18 <0,0001*

* P в значимом парном сравнении.
* P in significant pairwise comparison.

На основе кластерного анализа выделены группы паренхиматозных органов, отличающиеся схожестью аккумуляции кадмия (рис. 2). На дендрограмме выделяются три кластера. Первый представлен легкими и селезенкой, второй объединяет предыдущий и печень, и значительно обособляется третий кластер, в который входят только почки. Существуют данные о том, что по рассматриваемому показателю почки кемеровской породы свиней также представляли собой отдельный кластер, но в исследование не была включена печень [34].

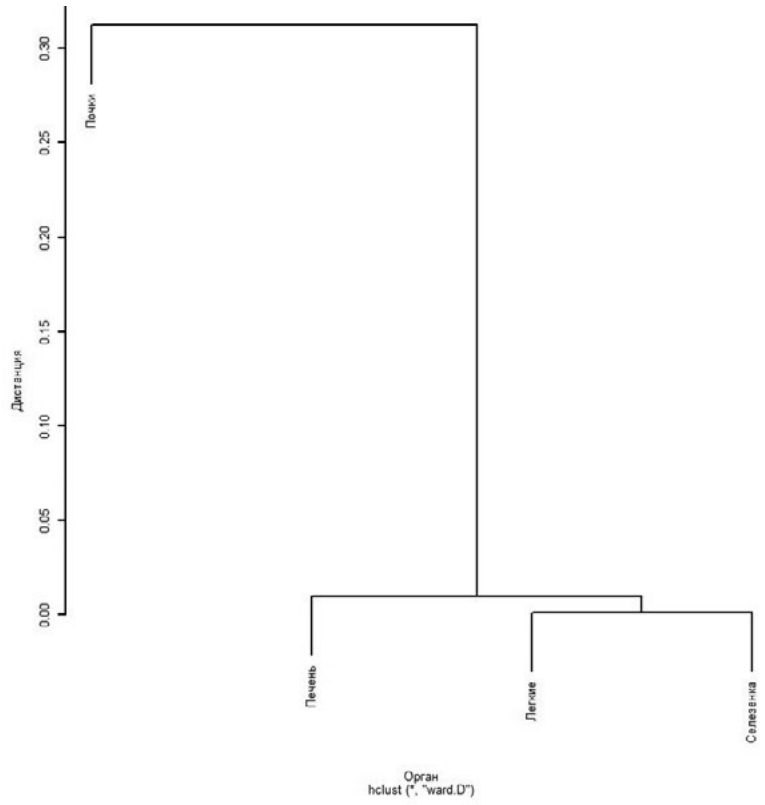


Рис. 2. Кластеризация органов в соответствии с содержанием кадмия
Clustering of organs according to cadmium content

Уровень кадмия регламентируется в мясе, мясопродуктах, птице, яйцах и продуктах их переработки согласно ТР ТС 034/2013 и ТР ТС 021/2011 [35, 36]. В соответствии с этими техническими регламентами уровень кадмия в субпродуктах убойных животных не должен превышать 0,3 мг/кг. В нашем случае к этой категории можно отнести печень, селезенку и легкие. Пороговая концентрация не превышена, для печени медиана содержания кадмия в 20 раз ниже, верхние лимиты также не выходят за указанный предел. Почки, в соответствии с указанными нормативными документами, выделяются в отдельную группу, для них ограничивающий предел составляет не более 1 мг/кг. Аккумуляция кадмия в почках свиней породы ландрас в 4,5 раза ниже этого значения, а верхний лимит – в 2,3 раза.

Подобные ограничения в ЕС, действующие на данный момент, составляют 0,5 мг/кг для печени и 1 мг/кг для почек крупного рогатого скота, овец, свиней, домашней птицы и лошадей [37].

Чаще всего в литературе встречаются данные о содержании кадмия в таких паренхиматозных органах, как печень и почки, которые являются наиболее ценными субпродуктами. Исследования, выполненные на аборигенных свиньях в Македонии в возрасте 350 дней и с живой массой около 90 кг, показали, что у 35% животных концентрация кадмия в почках составила 0,09 мг/кг, что в 2,8 раза меньше полученных нами значений, и у 65% животных она была ниже 0,02 мг/кг. Во всех случаях аккумуляция в печени была менее 0,02 мг/кг, что согласуется с полученными нами данными [38]. Уровень кадмия в печени свиней в возрасте 8 месяцев, выращенных в Боснии и Герцеговине, составил 0,09 мг/кг, что выше в 6,0 раза установленных нами значений [39].

A. Chalabis-Mazurek с соавторами установили на свиньях породы польский ландрас с живой массой около 30 кг, получавших стандартный рацион, что концентрация кадмия в почках и печени была практически на одинаковом уровне и составляла соответственно 0,038 и 0,043 мг/кг [40]. Что касается свиней кемеровской и скороспелой мясной породы СМ-1, выращенных в Западной Сибири в схожих с нашими условиях содержания и кормления до возраста около 6 месяцев, то у первой породы концентрация тяжелого металла составила 0,15 мг/кг [34], а у второй – 0,37 мг/кг [25], что может указывать на межпородные различия и возможность селекции на устойчивость к накоплению поллютанта.

Необходимо отметить, что для человека значим аэрозольный путь поступления кадмия в организм с преимущественным накоплением химического элемента в легких, что обусловлено широким распространением курения [41], предположительно, концентрация в этом органе у животных в большей степени отражает фоновое содержание во вдыхаемом воздухе, являясь относительно низкой.

Необходимо отметить значимую разрозненность данных, что требует систематизации и разработки четкого регламента для проведения будущих исследований с целью мониторинга, снижения воздействия тяжелых металлов на человека, контроля здоровья животных.

ВЫВОДЫ

1. Выполнена оценка фенофонда клинически здоровых свиней породы ландрас по содержанию кадмия в паренхиматозных органах. Медианы составили 0,252 мг/кг в почках, 0,015 – в печени, 0,008 – в селезенке и 0,007 мг/кг в легких, что может быть использовано для характеристики интерьера свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири.

2. Установлены отличия в содержании кадмия между паренхиматозными органами ($H = 66,96$, $df = 3$, $p < 0,0001$) и в парах: «почки – печень» ($p < 0,0001$), «почки – селезенка» ($p < 0,0001$), «почки – легкие» ($p < 0,0001$), «печень – легкие» ($p < 0,001$), что свидетельствует о выборочной аккумуляции кадмия в почках как преимущественном органе его накопления в организме свиней.

3. Определены три главных кластера, подтверждающих сходство органов по способности накапливать кадмий: «легкие – селезенка», «печень – легкие, селезенка» и «почки».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Gall J.E., Boyd R.S., Rajakaruna N.* Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review // Environmental Monitoring and Assessment. – 2015. – Vol. 187. – P. 1–21.
2. *Heavy* metals in ryegrass species versus metal concentrations in atmospheric particulate measured in an industrial area of Southern Italy / R. Caggiano, M. D'Emilio, M. Macchiato, M. Ragosta // Environmental Monitoring and Assessment. – 2005. – Vol. 102. – P. 67–84.
3. *Total* diet study: for a closerto-real estimate of dietary exposure to chemical substances / C.I. Kim, J. Lee, S. Kwon, H.J. Yoon // Toxicological Research. – 2015. – Vol. 31. – P. 227–240.
4. *Панин М.С.* Экология почв. – Алматы: Раритет, 2008. – 528 с.
5. *Cadmium* in human diseases: It's more than just a mere metal / G. Fatima, A.M. Raza, N. Hadi [et al.] // Indian Journal of Clinical Biochemistry. – 2019. – Vol. 34. – P. 371–378.
6. *Satarug* S. Dietary cadmium intake and its effects on kidneys // Toxics. – 2018. – Vol. 6, N 1. – 15.
7. *Plasma* cadmium is associated with increased risk of long-term kidney graft failure / C.G. Sotomayor, D. Groothof, J.J. Vodegel [et al.] // Kidney International. – 2021. – Vol. 99, N 5. – P. 1213–1224.
8. *The modifying* effect of kidney function on the association of cadmium exposure with blood pressure and cardiovascular mortality: NHANES 1999-2010 / Y. Gao, X. Zhu, M.J. Shrubsole [et al.] // Toxicology and Applied Pharmacology. – 2018. – Vol. 353. – P. 15–22.
9. *Association* among sources exposure of cadmium in the Adult non-smoking general population of Tehran / M. Ghoochani, M.H. Dehghani, N. Rastkari [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2018. – Vol. 191. – P. 27–33.
10. *Cadmium* and atherosclerosis: A review of toxicological mechanisms and a meta-analysis of epidemiologic studies / A.A. Tinkov, A.V. Skalny, M.G. Skalnaya [et al.] // Environmental Research. – 2018. – Vol. 162. – P. 240–260.

11. *Cadmium* exposure alters steroid receptors and proinflammatory cytokine levels in endothelial cells in vitro: a potential mechanism of endocrine disruptor atherogenic effect / S. Fittipaldi, V.M. Bimonte, A. Soricelli [et al.] // Journal of Endocrinological Investigation. – 2019. – Vol. 42. – P. 727–739.
12. *Inhibition* of mitochondrial fatty acid oxidation contributes to development of nonalcoholic fatty liver disease induced by environmental cadmium exposure / X. He, J. Gao, H. Hou [et al.] // Environmental Science & Technology. – 2019. – Vol. 53, N 23. – P. 13992–14000.
13. *Cadmium*: from toxicity to essentiality / A. Sigel, H. Sigel, R.K.O. Sigel (eds.). – Dordrecht: Springer, 2013. – Vol. 11. – 588 p.
14. *Yang H., Shu Y.* Cadmium transporters in the kidney and cadmium-induced nephrotoxicity // International journal of molecular sciences. – 2015. – Vol. 16, N 1. – P. 1484–1494.
15. *IARC* Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. N 58. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer. – 1993 [Electronic resource]. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499765/. (date of the application: 26.01.2024).
16. *Scientific* opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food / J. Alexander, D. Benford, A. Cockburn [et al.] // The EFSA Journal. – 2009. – Vol. 980. – P. 1–139.
17. *Cellular* mechanisms of cadmium-induced toxicity: a review / A. Rani, A. Kumar, A. Lal, M. Pant // International Journal of Environmental Health Research. – 2014. – Vol. 24, N 4. – P. 378–399.
18. *Cadmium* toxicity and tolerance in plants / M. Hasanuzzaman, M.N.V. Prasad, M. Fujita (eds.). – London: Academic Press, 2019. – 619 p.
19. *Cadmium* exposure in the population: from health risks to strategies of prevention / T.S. Nawrot, J.A. Staessen, H.A. Roels [et al.] // Biometals. – 2010. – Vol. 23. – P. 769–782.
20. *Cadmium* toxicity and treatment: an update / M.R. Rahimzadeh, M.R. Rahimzadeh, S. Kazemi, A.A. Moghadamnia // Caspian journal of internal medicine. – 2017. – Vol. 8, N 3. – P. 135–145.
21. *Heavy* metals in pig muscles / O.A. Zaiko, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova [et al.] // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment: Proceeding of Abstract. – Guiyang, China: University of Guiyang, 2014. – P. 76.
22. *Potential* toxic metal accumulation in soil, forage and blood plasma of buffaloes sampled from Jhang, Pakistan/ Z.I. Khan, I. Ugulu, S. Umar [et al.] // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2018. – Vol. 101, N 2. – P. 235–242.
23. *The content* of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals / S. Miroshnikov, O. Zavyalov, A. Frolov [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – Vol. 26, N 18. – P. 18554–18564.
24. *Manganese* content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia / K.N. Narozhnykh, O.I. Sebezhko, T.V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 149.
25. *Зайко О.А.* Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 183 с.
26. *Патент* на изобретение RU 2591825 C1. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота / Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.]. – Заявка № 2015116391/15 от 29.04.2015; Опубл. 20.07.2016.
27. *Патент* на изобретение RU 2602915 C1. Способ определения концентрации свинца в легких крупного рогатого скота / Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Нарожных К.Н. [и др.]. – Заявка № № 2015130994/15 от 24.07.2015; Опубл. 20.11.2016.
28. *Стрижкова М.В.* Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота черно-пестрой породы: дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2018. – 126 с.
29. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
30. *Correlation* of the iron level in the bristles of Kemerovo pigs with macro- and essential microelements / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, O.S. Korotkevich [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific

and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). – Tyumen: EDP Sciences, 2021. – 06032.
31. *Direct* determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 6. – P. 958–964.
32. *Сысо А.И.* Тяжёлые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку // Агрохимия в XXI веке: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти академика РАН В.Г. Минеева. – М., 2018. – С. 30–33.
33. *Characterization* of the toxicological impact of heavy metals on human health in conjunction with modern analytical methods / D.C. Filipoiu, S.G. Bungau, L. Endres [et al.] // Toxics. – 2022. – Vol. 10, N 12. – P. 716.
34. *Закономерности* аккумуляции кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы / А.В. Назаренко, О.А. Зайко, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1(66). – С. 140–149.
35. *Технический* регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 [Электронный ресурс] // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: сайт. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/iarcmono58/pdf/. (дата обращения: 26.01.2024).
36. *Технический* регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» ТС 034/2013 [Электронный ресурс] // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/499050564?ysclid=lrujs06e8751107777&section=text. (дата обращения: 26.01.2024).
37. *European* Commission. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006 // Official Journal of the European Union. – 2023. – Vol. 119. – P. 103–157.
38. *Heavy* metal accumulation in animal tissues and internal organs of pigs correlated with feed habits / S. Leontopoulos, N. Gougoulias, D. Kantas [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2015. – Vol. 21, N 3. – P. 699–703.
39. *Determination* of heavy metals in liver and skeletal muscles of pigs and calves: experience from Bosnia and Herzegovina / E. Haskovic, T. Muhic-Sarac, M. Lukic [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2021. – Vol. 27, N 3. – P. 593–599.
40. *The concentration* of selected heavy metals in muscles, liver and kidneys of pigs fed standard diets and diets containing 60% of new rye varieties / A. Chalabis-Mazurek, J.L. Valverde Piedra, S. Muszynski [et al.] // Animals. –2021. – Vol. 11, N 5. – P. 1377.
41. *Cadmium* toxicity and health effects – A Brief Summary / A.E. Charkiewicz, W.J. Omeljaniuk, K. Nowak [et al.] // Molecules. – 2023. – Vol. 28, N 18. – 6620.

REFERENCES

1. Gall J.E., Boyd R.S., Rajakaruna N., Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2015, Vol. 187, pp. 1–21.
2. Caggiano R., D’Emilio M., Macchiato M., Ragosta M., Heavy metals in ryegrass species versus metal concentrations in atmospheric particulate measured in an industrial area of Southern Italy, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005, Vol. 102, pp. 67–84.
3. Kim C.I., Lee J., Kwon S., Yoon H.J., Total diet study: for a closerto-real estimate of dietary exposure to chemical substances, *Toxicological Research*, 2015, Vol. 31, pp. 227–240.
4. Panin M.S., *Ekologiya pochv* (Soil ecology), Almaty: Raritet, 2008, 528 p.
5. Fatima G., Raza A.M., Hadi N. [et al.], Cadmium in human diseases: It’s more than just a mere metal, *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 2019, Vol. 34, pp. 371–378.
6. Satarug S., Dietary cadmium intake and its effects on kidneys, *Toxics*, 2018, Vol. 6, No. 1, pp. 15.
7. Sotomayor C.G., Groothof D., Vodegel J.J. [et al.], Plasma cadmium is associated with increased risk of long-term kidney graft failure, *Kidney International*, 2021, Vol. 99, No. 5, pp. 1213–1224.

8. Gao Y., Zhu X., Shrubsole M.J. [et al.], The modifying effect of kidney function on the association of cadmium exposure with blood pressure and cardiovascular mortality: NHANES 1999-2010, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 2018, Vol. 353, pp. 15–22.
9. Ghoochani M., Dehghani M.H., Rastkari N. [et al.], Association among sources exposure of cadmium in the Adult non-smoking general population of Tehran, *Biological Trace Element Research*, 2018, Vol. 191, pp. 27–33.
10. Tinkov A.A., Skalny A.V., Skalnaya M.G. [et al.], Cadmium and atherosclerosis: A review of toxicological mechanisms and a meta-analysis of epidemiologic studies, *Environmental Research*, 2018, Vol. 162, pp. 240–260.
11. Fittipaldi S., Bimonte V.M., Soricelli A. [et al.], Cadmium exposure alters steroid receptors and proinflammatory cytokine levels in endothelial cells in vitro: a potential mechanism of endocrine disruptor atherogenic effect, *Journal of Endocrinological Investigation*, 2019, Vol. 42, pp. 727–739.
12. He X., Gao J., Hou H. [et al.], Inhibition of mitochondrial fatty acid oxidation contributes to development of nonalcoholic fatty liver disease induced by environmental cadmium exposure, *Environmental Science & Technology*, 2019, Vol. 53, No. 23, pp. 13992–14000.
13. Sigel A., Sigel H., Sigel R.K.O. (eds.), *Cadmium: from toxicity to essentiality*, Dordrecht: Springer, 2013, Vol. 11, 588 p.
14. Yang H., Shu Y., Cadmium transporters in the kidney and cadmium-induced nephrotoxicity, International journal of molecular sciences, 2015, Vol. 16, No. 1, pp. 1484–1494.
15. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. N 58. Lyon (FR): *International Agency for Research on Cancer*, 1993 [Electronic resource]. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499765/. (date of the application: 26.01.2024).
16. Alexander J., Benford D., Cockburn A. [et al.], Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on cadmium in food, *The EFSA Journal*, 2009, Vol. 980, pp. 1–139.
17. Rani A., Kumar A., Lal A., Pant M., Cellular mechanisms of cadmium-induced toxicity: a review, *International Journal of Environmental Health Research*, 2014, Vol. 24, No. 4, pp. 378–399.
18. Hasanuzzaman M., Prasad M.N.V., Fujita M. (eds.), *Cadmium toxicity and tolerance in plants*, London: Academic Press, 2019, 619 p.
19. Nawrot T.S., Staessen J.A., Roels H.A. [et al.], Cadmium exposure in the population: from health risks to strategies of prevention, *Biometals*, 2010, Vol. 23, pp. 769–782.
20. Rahimzadeh M.R., Rahimzadeh M.R., Kazemi S., Moghadamnia A.A., Cadmium toxicity and treatment: an update, *Caspian journal of internal medicine*, 2017, Vol. 8, No. 3, pp. 135–145.
21. Zaiko O.A., Petukhov V.L., Konovalova T.V. [et al.], Heavy metals in pig muscles, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*: Proceeding of Abstract, Guiyang, China: University of Guiyang, 2014, pp. 76.
22. Khan Z.I., Ugulu I., Umar S. [et al.], Potential toxic metal accumulation in soil, forage and blood plasma of buffaloes sampled from Jhang, Pakistan, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2018, Vol. 101, No. 2, pp. 235–242.
23. Miroshnikov S., Zavyalov O., Frolov A. [et al.], The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals, *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, Vol. 26, No. 18, pp. 18554–18564.
24. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V. [et al.], Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 149.
25. Zajko O.A., *Izmenchivost` i korrelyacii ximicheskix e`lementov v organax i tkanyax svinej skorospeloj myasnoj porody` SM-1* (Variability and correlations of chemical elements in organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, 183 p.
26. Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [i dr.], *Patent na izobretenie* RU 2591825 C1, Sposob opredeleniya soderzhaniya kadmiya v pecheni krupnogo rogatogo skota, Zayavka № 2015116391/15 ot 29.04.2015; Opubl. 20.07.2016. (In Russ.)

27. Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N. [i dr.], *Patent na izobretenie* RU 2602915 C1, Sposob opredeleniya kontsentratsii svintsa v legkikh krupnogo rogatogo skota, Zayavka № 2015130994/15 ot 24.07.2015; Opubl. 20.11.2016. (In Russ.)
28. Strizhkova M.V., *Soderzhanie, izmenchivost' i korrelyatsiya makroelementov v organakh i tkanyakh krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody* (Content, variability and correlation of macronutrients in organs and tissues of Black-and-white cattle), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2018, 126 p.
29. Narozhny`x K.N., *Izmenchivost`, korrelyaciya i uroven` tyazhely`x metallov v organax i tkanyax gerefordskogo skota v usloviyax Zapadnoj Sibiri* (Variability, correlation and level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p.
30. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Korotkevich O.S. [et al.], Correlation of the iron level in the bristles of Kemerovo pigs with macro- and essential microelements, *Bio web of conferences*: International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture" (FSRAABA 2021). – Tyumen: EDP Sciences, 2021, 06032.
31. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. [et al.], Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
32. Syso A.I., *Agrokhimiya v XXI veke* (Agrochemistry in the XXI century), Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.G. Mineev, Moscow, 2018, pp. 30–33. (In Russ.)
33. Filipoiu D.C., Bungau S.G., Endres L. [et al.], Characterization of the toxicological impact of heavy metals on human health in conjunction with modern analytical methods, *Toxics*, 2022, Vol. 10, No. 12, pp. 716.
34. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. [i dr.], Zakonomernosti akkumulyatsii kadmiya v organakh i shchetine svinei kemerovskoi porody, *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 1 (66), pp. 140–149. (In Russ.)
35. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza *«O bezopasnosti pishchevoi produktsii»* TR TS 021/2011: sait elektronnyi fond normativno-tekhnicheskoi i normativno-pravovoi informatsii Konsortsiuma «Kodeks». – 2024 [Elektronnyi resurs]. Data obnovleniya: 25.11.2022. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/n/iarcmono58/pdf/. (data obrashcheniya: 26.01.2024). (In Russ.)
36. Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza *«O bezopasnosti myasa i myasnoi produktsii»* TS 034/2013: sait elektronnyi fond normativno-tekhnicheskoi i normativno-pravovoi informatsii Konsortsiuma «Kodeks». – 2024 [Elektronnyi resurs]. Data obnovleniya: 11.10.2013. – URL: https://docs.cntd.ru/document/499050564?ysclid=lrujs06e8751107777§ion=text. (data obrashcheniya: 26.01.2024). (In Russ.)
37. European Commission. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006, *Official Journal of the European Union*, 2023, Vol. 119, pp. 103–157.
38. Leontopoulos S., Gougoulias N., Kantas D. [et al.], Heavy metal accumulation in animal tissues and internal organs of pigs correlated with feed habits, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2015, Vol. 21, No. 3, pp. 699–703.
39. Haskovic E., Muhic-Sarac T., Lukic M. [et al.], Determination of heavy metals in liver and skeletal muscles of pigs and calves: experience from Bosnia and Herzegovina, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2021, Vol. 27, No. 3, pp. 593–599.
40. Chalabis-Mazurek A., Valverde Piedra J. L., Muszynski S. [et al.], The concentration of selected heavy metals in muscles, liver and kidneys of pigs fed standard diets and diets containing 60% of new rye varieties, *Animals*, 2021, Vol. 11, No. 5, 1377.
41. Charkiewicz A.E., Omeljaniuk W.J., Nowak K. [et al.], Cadmium toxicity and health effects – A Brief Summary, *Molecules*, 2023, Vol. 28, No. 18, 6620.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-196-203
УДК 636.234.1.082.12:577.718

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА ОТЦОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ПЕЧЕНИ ПОТОМКОВ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Т.В. Коновалова, старший преподаватель
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: tapetva@gmail.com

***Ключевые слова*:** медь, голштинская порода, потомство генотип, разведение.

Реферат. *Изучено содержание меди в печени потомков четырех быков-производителей голштинской породы. Исследования проведены в Кемеровской области. Для всех групп потомков после рождения были созданы одинаковые условия кормления и содержания. Концентрацию меди исследовали в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева методом атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе SOLAR серии М6. В зоне районирования молочного крупного рогатого скота определено содержание тяжелых металлов в воде, почве и кормах, уровень которых не превышал ПДК. Распределение было проверено на соответствие нормальному с использованием критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения сыновей четырех отцов использовался тест Данна с коррекцией Холма. Установлено влияние быков-производителей голштинской породы на депонирование меди в печени потомков. Ее уровень у сыновей некоторых быков был выше, чем у других, в 2,7 раза (49,4 мг/кг). По соотношению концентрации меди в печени быки располагались следующим образом: 2,7 : 2,0 : 1,3 : 1,0. Для концентрации меди в печени потомков отцов была характерна разная фенотипическая изменчивость. Сила влияния (r_w) генотипа отцов на варьирование уровня меди в печени сыновей составила 25%. Было выявлено две группы отцов с различными уровнями содержания меди в печени потомков: одна группа с уровнем от 49,4 до 38,5 мг/кг, а другая – от 27,6 до 18,2 мг/кг. Изменчивость содержания меди в печени потомков различных отцов оказалась невысокой и составила от 6,4 до 10%.*

THE IMPACT OF THE PATERNAL GENETIC MAKEUP ON THE COPPER CONCENTRATION IN THE LIVERS OF OFFSPRING IN CATTLE

T.V. Konovalova, senior lecturer
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: tapetva@gmail.com

Keywords: copper, Holstein breed, offspring genotype, breeding bull.

Abstracts. *The copper content in the liver of the progeny of four Holstein breed bulls was investigated. Research was done in Kemerovo, Russia. The identical dietary and lodging conditions were established for all groups of offspring after their birth. The copper concentration was studied using atomic emission spectrometry on the SOLAR M6 series instrument in the Analytical Center of the Institute of Geology and Mineralogy, named by V.S. Sobolev. The determination of the heavy metal content in water, soil, and fodder within the dairy cattle zoning was conducted, with the result that the level did not exceed MAC. The normal distribution was determined by using the Shapiro-Wilk test. The Dunn's test, coupled with Holm's correction, was employed to evaluate the offspring of the four fathers. The influence of Holstein-bred bulls on copper deposition in offsprings was established. The amount of it in some bulls sons was higher than in others by 2.7 times (49.4 mg/kg). According to the Cu concentration in the liver, bulls were arranged in the following order: 2.7 : 2.0 : 1.3 : 1.0. The concentration of Cu in the liver of the offspring of the fathers was characterized by distinct phenotypic variations. The strength of influence (rw) of the father's genotype on the variation of copper levels in the liver of sons was 25%. Two groups of fathers were identified with different levels of copper in the livers of their offspring: one group had levels of copper from 49.4 to 38.5 mg/kg, and the other group had levels from 27.6 to 18.2 mg/kg. The variability of copper content in the livers of the offspring of different fathers turned out to be low and ranged from 6.4% to 10%.*

Медь является одним из незаменимых микроэлементов и обусловливает активность более 30 ферментов, играющих роль в клеточном дыхании и окислении. Кадмий, железо, цинк, свинец и кальций влияют на распределение элементов в организме. Устойчивость к некоторым инфекциям связана с медью [1]. Она участвует в углеводном обмене, влияет на синтез белков

[2]. Медь необходима для образования хрящей, связок, стенок сосудов, нормального развития скелета.

В рационе жвачных должно присутствовать 4–20 мг/кг меди [3]. Высокая концентрация меди отмечается в печени. Нормальный уровень этого металла равен 63 мг/кг. У крупного рогатого скота в возрасте 13–24 месяца концентрация меди составляет 115 мг/кг. Она уменьшается в 3 раза в сравнении с телятами 0–7 дней.

Инфекции или травмы у животных приводят к увеличению содержания меди в сыворотке крови, а высокий уровень белка в рационе вызывает уменьшение количества меди в сыворотке крови и печени. Дефицит меди вызывает расстройства центральной нервной системы, ведет к снижению плодовитости у коров, у быков ухудшается качество семени. При этом высокий или низкий уровень меди не указывает на видимую токсичность или дефицит.

Защитная функция иммунной системы снижается при дефиците меди [4]. Кадмий, цинк, молибден, сера и фитин уменьшают всасывание меди [5].

Цель исследования – определить влияние генотипа отцов на концентрацию меди в печени сыновей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в Кемеровской области на животных голштинской породы. Для четырех групп сыновей – потомков производителей голштинской породы – со времени отъема были созданы одинаковые условия кормления и содержания. Концентрацию меди определяли в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С.Соболева методом атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе SOLAR серии M6. Методика анализа: ГОСТ 26929-94; МУК 4.1.14.82-03 [6, 7].

В зоне разведения крупного рогатого скота проводился мониторинг почвы, воды, кормов, органов и тканей животных [8–10]. Содержание тяжелых металлов в собранных пробах не превышало ПДК [8–9, 11].

Нормальность распределения определена по критерию Шапиро-Уилка. Тест Данна с поправкой Холма применяли для сравнения сыновей четырех отцов. Сила влияния (r_w) генотипа быков-производителей на аккумуляцию меди в печени сыновей установлена с использованием однофакторного дисперсионного анализа.

Построены плотность распределения и дендрограмма сходства уровня меди в сыворотке крови потомков разных отцов с применением метода Уорда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводились в рамках темы «Изучение фенофонда и генофонда пород сельскохозяйственных животных Западной Сибири» [12–14]. При этом всегда учитывалось загрязнение почвы, воды и растений тяжелыми металлами [15].

Важно установить и референсные значения уровня химических элементов в органах и тканях животных.

В табл. 1 приведены данные о содержании меди в печени потомков быков-производителей голштинской породы.

Таблица 1

Влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание меди в печени сыновей, мг/кг
The influence of the genotype of Holstein bulls on the copper content in the liver of sons, mg/kg

Кличка быка	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Me	Референсные значения при p=0,95
Брио	9	18,2±2,8	17,0	12,6–23,8
Фабио	11	27,6±3,2	29,0	21,2–34,0
Бонэиэр	6	38,5±8,1	44,0	22,3–54,7
Малстрем	8	49,4±12,6	37,5	24,2–74,6
В среднем	34	42,3±4,9	25,5	321,9–51,7

Установлены достоверные различия между отцами по аккумуляции меди в печени потомков. Так, у сыновей Малстрема содержание меди в печени было в 2 раза выше, чем у потомков Брио (P>0,95). Потомки Брио также в меньшей степени депонировали медь, чем сыновья Бонэира и Фабио. По уровню меди сыновья разных отцов располагались в следующем порядке: Малстрем>Бонэир>Фабио>Брио в соотношении 2,7 : 2,0 : 1,3 : 1,0.

Как показал дисперсионный анализ, сила влияния (r_w) генотипа производителей на изменчивость концентрации меди в печени сыновей составила 25%. Это дает нам основание сказать, что наследственные факторы играют важную роль в определении устойчивости или предрасположенности к уровню меди в печени животных.

Самая низкая индивидуальная изменчивость выявлена у потомков Фабио и Брио. Здесь соотношение крайних вариант было 1,0 : 4,3 и 1,0 : 5,0. У сыновей Мальстрема соотношение крайних вариант 1,0 : 15,0.

Наиболее высокая фенотипическая изменчивость отмечена у потомков Малстрема (табл. 2).

Таблица 2

Изменчивость уровня меди в печени потомков некоторых производителей
Variability of copper levels in the liver of the offspring of some sires

Кличка быка	Q1	Q3	IQR	SD	lim
Брио	9,2	27,7	18,5	8,5	6,4-32
Фабио	14,7	33,0	18,3	10,5	10-43
Бонэир	13,5	59,2	45,7	44	8-61
Малстрем	12,4	52,3	39,9	35,6	7,4-110

Концентрация меди в печени является лучшим индикатором в сравнении с ее содержанием в сыворотке крови или волосе.

По данным R. Puls [16], норма содержания меди в печени крупного рогатого скота равна 25–100 мг/кг. Минимальный уровень может быть в пределах 5,0–25,0 мг/кг. Концентрация меди в печени 0,5–10,0 мг/кг считается дефицитной, 200–550 мг/кг – высокой. У коров концентрация меди в печени составляла 396±109 мг/кг.

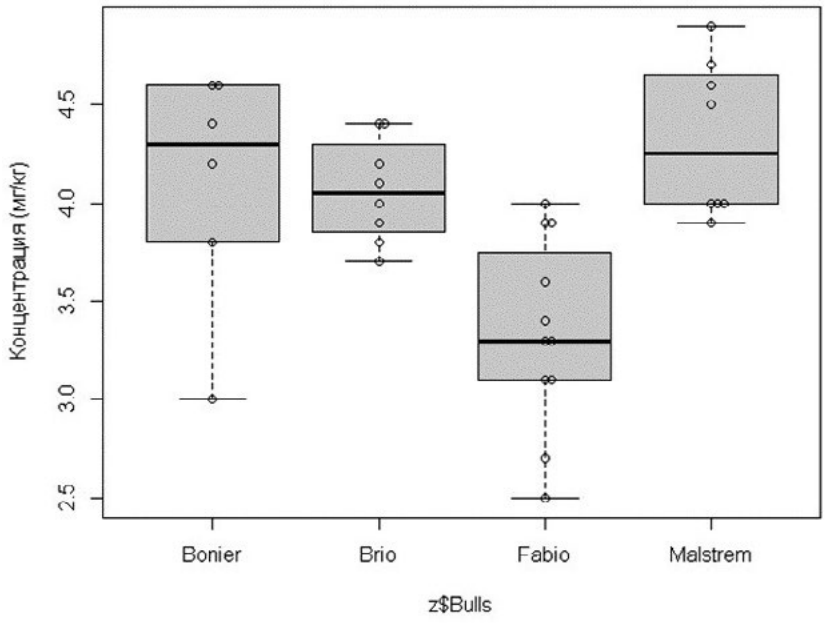


Рис. 1. Плотность распределения уровня меди в печени потомков четырех производителей
Distribution density of copper levels in the liver of the offspring of four sires

Самым малоизученным вопросом в элементологии сельскохозяйственных животных остается наследственная обусловленность устойчивости и восприимчивости к содержанию макро- и микроэлементов в органах и тканях животных [17–23].

На рис. 1 показана плотность распределения уровня меди у потомков четырех быков.

У бычков-кастратов породы Nelore изучалась генетическая детерминация уровня макро- и микроэлементов в longissimus dorsi мышцах [24]. Установлено, что коэффициент наследуемости (h^2) содержания меди в этой ткани равен 0,30 [24]. Авторы предположили, что локус, детерминирующий уровень меди, находится в 18-й хромосоме и связан с геном-кандидатом TRNAC-GCA. Содержание меди в длиннейшей мышце спины (LD) составляло 1,80±0,05, что значительно ниже, чем в печени голштинской породы в наших исследованиях.

В то же время у коров красно-пестрой породы, например, не установлено достоверной корреляции в содержании меди в волосе матерей и их телят (r= – 0,290±0,165).

С более высоким уровнем меди в печени сыновья производителей Малстрема и Бонэира относятся к одному кластеру.

В других исследованиях показано влияние генотипа быков-производителей на концентрацию натрия в сыворотке крови сыновей [25]. Установлено влияние наследственных факторов на уровень цинка в мышечной ткани потомков некоторых отцов голштинской породы [26].

На дендрограмме сходства концентрации (рис. 2) в наших исследованиях видны три кластера депонирования меди в печени потомков.

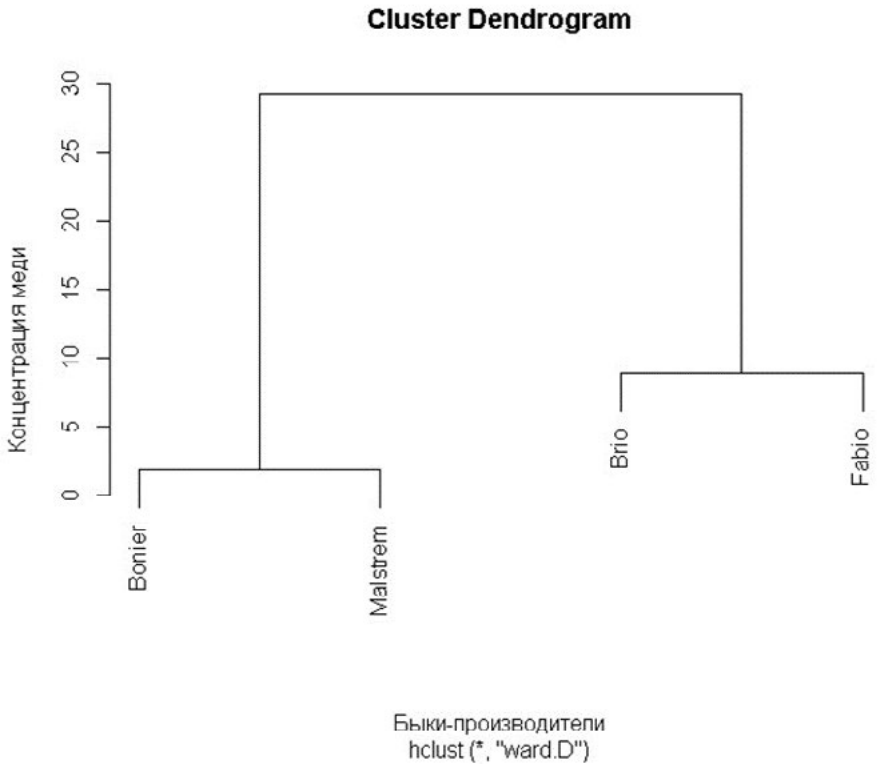


Рис. 2. Дендрограмма сходство концентрации меди в группах потомков

Dendrogram similarity of copper concentration in descendant groups

У овец романовской породы выявлена роль генотипа баранов-производителей на уровень кадмия в миокарде потомков [17, 27]. Показано влияние генофонда семейств и линий на содержание свинца в некоторых органах свиней [28, 29].

Имеется ряд исследований, посвященных поиску маркеров аккумуляции кадмия, свинца, лития в органах крупного рогатого скота.

Производство экологически безопасной продукции является приоритетным направлением в животноводстве согласно Указу Президента Российской Федерации от 1 декабря

2016 г. Для этого ведется поиск прижизненных маркеров уровня тяжелых металлов в органах и тканях с возможной их коррекцией путем изменения рационов. Так, прижизненно можно определить концентрацию кадмия в печени крупного рогатого скота по уровню марганца [30] или железа и титана в волосе [31]. В мышечной ткани определяют содержание кадмия по уровню фосфора и цинка в сыворотке крови [32]. В мышечной ткани можно определить содержание лития по концентрации марганца или фосфора в волосе скота [33]. Запатентован и способ определения концентрации свинца у крупного рогатого скота в печени, почках и селезенке по содержанию меди или калия в волосе [34].

В свете этих работ возможна прижизненная оценка производителей или семейств по устойчивости или восприимчивости потомства к депонированию микроэлементов в органах и тканях [35, 36]. На этой основе может быть разработана селекционная программа, позволяющая регулировать уровень тяжелых металлов в органах и тканях с учетом экологической ситуации в регионах.

Таким образом, наличие наследственной обусловленности устойчивости или восприимчивости к аккумуляции химических элементов в органах и тканях позволяет обсуждать вопрос о включении в селекционные программы этих признаков. Это особенно важно при разведении животных в зонах с избыточным или недостаточным содержанием тех или иных химических элементов.

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние быков-производителей голштинской породы на содержание меди в печени их сыновей. В потомстве некоторых отцов уровень меди был в 2,7 раза выше, чем у других. Сила влияния генотипа отцов на концентрацию меди в печени потомков составила 25%.

2. Выявлено два кластера отцов по уровню меди в печени потомков: с уровнем 49,4–38,5 и 27,6–18,2 мг/кг. Изменчивость содержания меди в печени потомков разных отцов была невысокой и изменялась в пределах 6,4–10%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скальный А.В., Рудаков И.А.* Биоэлементы в медицине. – М.: Оникс 21 век: Мир, 2004. – 272 с.
2. *Thompson L.* Veterinary Tocsicology: Basic and Clinical Principles: Third edition. – 2018. – P. 425–427.
3. *Suttle N.F.* Mineral nutrition of livestock. – 4th ed. – UK:MPG Book Group. 2010.
4. *Copper* transport protein (Ctr1) levels in mice are tissue specific and depended on copper / Y. Kuo, A. Gybina, J. Pyatskowiwit [et al.] // J. Nutr. – 2006. – Vol. 136, Is. 1. – P. 21–26.
5. *Хеннинг А.* Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1976. – 560 с.
6. *Analysis* of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arc excitation sources / A.R. Tsygankova, A.V. Kuptsov, K.N. Narozhnykh [et al.] // J. Pharm. Sci. and Res. – 2017.– Vol. 9 (5). – P. 601–605.
7. *Direct* determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9 (6). – P. 958–964.
8. *Lead* content in soil, water, grains, and muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) /K.N. Naroznykh, T.V. Konovalova, N.I. Shishin [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2018. – T. 45, N 4. – P. 866–871.
9. *Ecological* and biogeochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia /A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // J. Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 4. – P. 368–374.
10. *Content* of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezhko, E.Ya. Barinov, T.V. Konovalova // Russian Agricultural Sciences. – 2014. – T. 40, N 3. – P. 195–197.

11. *Comparative* assessment of radioactive strontium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, V.A. Sokolov [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44, N 3. – P. 662–666.
12. *Проблемы* селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л.Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
13. *Biochemical*, hematological and mineral parametres in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia / O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // 3rd International symposium for agriculture and food. – ISAF 2017. – 2017. – P. 100.
14. *Selective* constraints in cold–region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes / J.Chen, P. Ni, T.N.T Thi [et al.] // Ecology and Evolution. – 2018. – T. 16. – P. 8102–8114.
15. *Influence* of anthropogenic pollution on interior parametrs, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the republic of Tuva / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, R.B Chysyma [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 9. – P. 1530–1535.
16. *Pulls R*. Mineral levels in animal health. Diagnostic data 2nd edition. – Canada: Sherpa International, 1994. – 298 p.
17. *The impact* of the stud rams of Romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the miocardium of their offspring / T.V. Konovalova, V.A. Andreeva, R.T. Saurbarva [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – T. 38, N 3. – P. 145.
18. *Characterizing* physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshchev, O.I. Sebezhko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – T. 31, N1. – P. 35–42.
19. *Content* of heavy metals in the hair / S.A. Patrashkov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich, I.V. Petukhov // Journal De Phsique. IV: JP. – 2003. – Vol. 107 (II). – P. 1025–1027.
20. *Содержание* железа в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю. Ефанова, О. Короткевич, В. Петухов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 1. – С. 24–25.
21. *Accumulation* of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin / I.S. Miller, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich, I.S. Konovalov // E3S Web of Conferences. Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment: electronic edution. – 2013. – P. 11007.
22. *Особенности* накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища / И.С. Миллер, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–11. – С. 2469–2473.
23. *Genome* wide association study of concentration of iron and other minerals in *longissimus muscle* of Angus cattle / R.C. Mattescu, D.J. Garrick, R.G. Tair [et al.] // Journal of Animal Science. – 2013. – T. 91. – P. 3593–3600. – DOI:10.2527/jas.2012–6079.
24. *Detection* of quantitative trait loci for mineral content of Nelore longissimus dorci muscle/ P.C. Tizioto, J.F. Taylor, J.E. Decker [et al.]// Genetics Selection Evolution. – 2015. – Vol. 47.15. – P. 1 –9.
25. *Влияние* генотипа быков–производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей / М.В. Стрижкова, О.И. Себежко, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1(58). – С. – 125–133.
26. *Нарожных К.Н.* Модели прогнозирования уровня цинка в мышечной ткани крупного рогатого скота // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 89–103.
27. *Влияние* генотипа баранов производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства / Л. Мингжун, Р.Т. Саурбаева, Л. Венронг [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 3 (52). – С. 91–97.
28. *Зайко О.А., Коновалова Т.В.* Влияние генофонда семейств скороспелой мясной породы на аккумуляцию свинца в некоторых органах и тканях свиней // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 4 (41). – С. 432–434.
29. *Зайко О.А., Коновалова Т.В.* Характеристика генофонда линий породы свиней СМ–1 по аккумуляции свинца в органах и тканях свиней // Свиноводство. – 2013. – № 8. – С. 11–12.

30. *Патент* на изобретение RU 2591825 C1, 20.07.2016. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2015116391/15 от 29.04.2015.
31. *Патент* RU 2548774 C1, 20.04.2015. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2014111570/15 от 25.03.20214.
32. *Патент* RU 2758902 C1, 02.11.2021. Способ оценки кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота / К.Н. Нарожных, Э.С. Соколова, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2020124521 от 14.07.2020.
33. *Патент* на изобретение RU 2760089 C1, 22.11.2021. Способ определения содержания лития в мышечной ткани крупного рогатого скота / Т.В. Коновалова, Е.И. Тарасенко, О.С. Короткевич [и др.]. – Заявка № 2021106116 от 09.03.2021.
34. *Патент* на изобретение RU 2421726 C1, 20.06.2011. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота / О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, М.В. Стрижкова [и др.]. – Заявка № 2010113845/15 от 08.04.2010.
35. *Chernitsky A.E., Skogoreva T.S., Safonov V.A.* Study of interrellation of the bioelements status of mother and fetus at cattle // Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences. – 2020. – N 10. – P. 154–170.
36. *Han H., Domby E., Engle T.* The relationship of pulmonary artery copper concentrations and genes involved in copper homeostasis in cattle, Swine, and goats // Asian–Australas J. Anim. Sci. – 2012. – T. 25, N 2. – P. 194–199.

REFERENCES

1. Skal'nyi A.V., Rudakov I.A., *Bioelementy v meditsine* (Bioelements in medicine) Moscow: Oniks 21 vek: Mir, 2004, 272 p.
2. Thompson L., Veterinary Tocsicology: Basic and Clinical Principles: Third edition, 2018, pp. 425–427.
3. Suttle N.F., *Mineral nutrition of livestock*, 4th ed. UK:MPG Book Group, 2010.
4. Kuo Y., Gybina A., Pyatskowiwit J. et al., Copper transport protein (Ctr1) levels in mice are tissue specific and depended on copper, *J. Nutr.*, 2006, Vol. 136, Is. 1, pp. 21–26.
5. Khenning A., *Mineral'nye veshchestva, vitaminy, biostimulyatory v kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Minerals, vitamins, biostimulants in feeding farm animals), Moscow: Kolos, 1976, 560 p.
6. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Narozhnykh K.N. et al., Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arc excitation sources, *J. Pharm. Sci. and Res*, 2017, Vol. 9 (5), pp. 601–605.
7. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. et al., Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9 (6), pp. 958–964.
8. Naroznykh K.N., Konovalova T.V., Shishin N.I. et al., Lead content in soil, water, grains, and muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2018 – T. 45, No. 4, pp.866–871.
9. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukho V.L. et al., Ecological and biogeochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *J. Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
10. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I. et al., Content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia, *Russian Agricultural Sciences*, 2014, T. 40, No. 3, pp. 195–197.
11. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Sokolov V.A. et al., Comparative assessment of radioactive strontium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia, *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No. 3, pp. 662–666.
12. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. et al., *Problemy selektsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Problems of selection of farm animals), Novosibirsk: Nauka. Sib. predpriyatie RAN, 1997, 283 p.
13. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V. et al., Biochemical, hematological and mineral parametres in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia, *3rd International symposium for agriculture and food*, ISAF 2017, pp. 100.

14. Chen J., Ni P., Thi T.N.T. et al., Selective constraints in cold–region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes, *Ecology and Evolution*, 2018, T. 16, pp. 8102–8114.
15. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B. et al., Influence of anthropogenic pollution on interior parametrs, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the republic of Tuva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 9, pp.1530–1535.
16. Pulls R., Mineral levels in animal health. *Diagnostic data 2nd edition*, Canada: Sherpa International, 1994, 298 p.
17. Konovalova T.V., Andreeva V.A., Saurbarva R.T., Korotkevich O.S., The impact of the stud rams of Romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the miocardium of their offspring, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, T. 38, No. 3, pp. 145.
18. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezhko O.I. et.al., Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, T. 31, No. 1, pp. 35–42.
19. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Petukhov I.V., Content of heavy metals in the hair, *Journal De Phsique*. IV: JP, 2003, Vol. 107 (II), pp. 1025–1027.
20. Narozhnykh K.N., Efanova Yu., Korotkevich O., Petukhov V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2013, No. 1, pp. 24–25. (In Russ.)
21. Miller I.S., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalov I.S., Accumulation of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin, *Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment: electronic edution*, 2013, pp. 11007.
22. Miller I.S., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, No. 9–11, pp. 2469–2473
23. Mattescu R.C., Garrick D.J., Tair R.G., Genome wide association study of concentration of iron and other minerals in longissimus muscle of Angus cattle, *Journal of Animal Science*, 2013, T. 91, pp. 3593–3600.
24. Tizioto P.C., Taylor J.F., Decker J.E., Detection of quantitative trait loci for mineral content of Nelore longissimus dorci muscle/ *Genetics Selection Evolution*, 2015, Vol. 47, pp. 1–9.
25. Strizhkova M.V., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 1 (58), pp. 125–133. (In Russ.)
26. Narozhnykh K.N., *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2023, No. 1, pp. 89–103. (In Russ.)
27. Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Venrong L., Sebezhko O.S., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3 (52), pp. 91–97. (In Russ.)
28. Zaiko O.A., Konovalova T.V., *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2013, No. 4 (41), pp. 432–434. (In Russ.)
29. Zaiko O.A., Konovalova T.V., *Svinovodstvo*, 2013, No. 8, pp. 11–12. (In Russ.)
30. Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. i dr., *Patent na izobretenie* RU 2591825 S1, 20.07.2016 Zayavka No. 2015116391,15 ot 29.04.2015. (In Russ.)
31. Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. i dr., *Patent na izobretenie* RU 2548774 S1, 20.04.2015 Zayavka No. 2014111570,15 ot 25.03.20214. (In Russ.)
32. Narozhnykh K.N., Sokolova E.S., Konovalova T.V. i dr., *Patent na izobretenie* RU 2758902 S1, 02.11.2021 Zayavka No. 2020124521 ot 14.07.2020. (In Russ.)
33. Konovalova T.V., Tarasenko E.I., Korotkevich O.S. i dr., *Patent na izobretenie* RU 2760089 S1, 22.11.2021 Zayavka No 2021106116 ot 09.03.2021. (In Russ.)
34. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Strizhkova M.V. i dr., *Patent na izobretenie* RU 2421726 S1, 20.06.2011 Zayavka No. 2010113845, 15 ot 08.04.2010. (In Russ.)
35. Chernitsky A.E., Skogoreva T.S., Safonov V.A., Study of interrellation of the bioelements status of mother and fetus at cattle, *Journal of Mechanics of Continua and Mathematical Sciences*, 2020, No. 10, pp. 154–170.
36. Han H., Domby E., Engle T., The relationship of pulmonary artery copper concentrations and genes involved in copper homeostasis in cattle, Swine, and goats, *Asian–Australas J. Anim. Sci.*, 2012, T. 25, No. 2, pp. 194–199.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-204-211
УДК 575.224.22

НОВЫЕ ГЕНЫ-КАНДИДАТЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ТОЛЩИНОЙ ЖИРА У ОВЕЦ ПОРОДЫ РОССИЙСКИЙ МЯСНОЙ МЕРИНОС

[1,2]**А.Ю. Криворучко**, доктор биологических наук
[1]**А.А Каниболоцкая**, кандидат биологических наук
[1] **А.В. Скокова**, кандидат биологических наук
[1] **О.А. Яцык**, кандидат биологических наук
[1] **П.А. Шелудько**, аспирант
[1]*Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия*
[2]*Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия*
E mail: dorohin.2012@inbox.ru*

Ключевые слова: овцеводство, толщина жира, мясная продуктивность, GWAS, мутация, SNP, российский мясной меринос.

Реферат. *Выявление генов-кандидатов и генетических маркеров, связанных с показателями мясной продуктивности у овец российских пород с использованием полногеномного поиска ассоциаций (genome-wide association studies, GWAS) является перспективным направлением генетических исследований. Нами проведен полногеномный поиск ассоциаций однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) с толщиной жира в поясничной области у овец породы российский мясной меринос. Объектом исследований являлись бараны в возрасте 12 месяцев (n = 50). С помощью переносного УЗИ-сканера определяли толщину жира на уровне 1–2-го поясничного позвонка. Генотипирование животных выполнялось с использованием ДНК-биочипов Ovine Infinium HD BeadChip 600K. В результате проведенного GWAS у овец породы российский мясной меринос было выявлено 14 SNP, связанных с показателем «толщина жира». Большинство SNP располагались в межгенном пространстве. Один SNP локализовался в экзоне, два – в интроне генов. Три замены находились рядом с геном малой ядерной РНК, а одна – с геном некодирующей РНК. На основании расположения анализируемых SNP в геноме было предложено 5 новых генов-кандидатов, ассоциированных с толщиной жира в поясничной области у овец породы российский мясной меринос: KCNH8, MTERF4, RYBP, NDST3, ENSOARG00000004203. Целью дальнейших исследований должно стать изучение структуры этих генов для выявления механизма их влияния на фенотип животных, а выявленные SNP могут использоваться в качестве новых молекулярных маркеров в селекционной работе.*

NEW CANDIDATE GENES ASSOCIATED WITH FAT THICKNESS IN RUSSIAN MEAT MERINO SHEEP

[1, 2]**A.Yu. Krivoruchko,** Doctor of Biological Sciences
[1]**A.A. Kanibolotskaya,** PhD in Biological Sciences
[1]**A.V. Skokova,** PhD in Biological Sciences
[1]**O.A. Yatsyk,** PhD in Biological Sciences
[1]**P.A. Sheludko,** PhD student
[1]*North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia*
[2]*North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia*
E mail: dorohin.2012@inbox.ru*

Keywords: sheep breeding, fat thickness, meat productivity, GWAS, mutation, SNP, Russian merino meat.

Abstract. *Identification of candidate genes and genetic markers associated with meat productivity in sheep using genome-wide association searches (genome-wide association studies, GWAS) is a promising area of genetic research. We conducted a genome-wide search for associations of single nucleotide polymorphisms (SNPs) with thicker fat in the lumbar region in Russian beef Merino sheep. The object of the study was rams aged 12 months (n = 50). Fat density is achieved at the 1st–2nd lumbar spine level using a portable ultrasound scanner. Animal genotyping was done using Ovine Infinium HD BeadChip 600K DNA biochips. As a result of GWAS, 14 SNPs belonging to the trait "fat thickness" were identified in sheep of the Russian meat Merino breed. Most SNPs*

were located in the intergenic space. One SNP is localized in the exon, and two - in the intron of genes. Three substitutions are near the small nuclear RNA gene and one near the non-coding RNA gene. Based on the analyzed SNPs in the genome, five new candidate genes were proposed that are associated with growth in the lumbar region in Russian beef Merino sheep: KCNH8, MTERF4, RYBP, NDST3, ENSOARG00000004203. The study's goal should be to study the structure of these genes for the mechanism of their action on animal phenotypes, and the identified SNPs can be used as new molecular markers in breeding work.

Понимание генетической архитектуры, лежащей в основе признаков мясной продуктивности у мелкого рогатого скота, крайне важно, так как эти знания могут быть использованы при селекционно-племенной работе, направленной на улучшение генетических ресурсов породы [1]. Одним из эффективных методов изучения генома у животных является полногеномный анализ ассоциаций (GWAS), который позволяет выявлять различные однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), связанные с хозяйственно полезными признаками, и гены-кандидаты, структура которых может напрямую влиять на эти признаки. Дальнейшее изучение строения выявленных генов-кандидатов и маркеров, характеризующих продуктивные качества животных, позволит повысить точность генетической оценки и отбора высокопродуктивных животных, а также экономическую эффективность овцеводства в целом [2, 3].

Одним из ключевых факторов, повышающих достоверность полногеномного поиска ассоциаций, является качественный учет сведений о фенотипах животных. Использование фенотипического отбора по параметрам мясной продуктивности овец, включая толщину жира, свойства мышечной ткани и многие другие, сдерживается тем фактором, что в большинстве случаев их измеряют только после убоя. Однако исследования показали, что признаки состава туши, оцениваемые с использованием неинвазивных методов исследования, являются наследуемыми и коррелируют как с признаками роста, так и с параметрами качествами мяса [4–6]. Толщина жира в поясничной области – это показатель, который отражает уровень кормления, убойные и товарные свойства мяса [7]. На сегодняшний день известно лишь о некоторых генах, связанных с толщиной жира у овец. Так, O. Yilmaz с соавторами [8] выявили достоверную связь полиморфизма гена *DNAF2,* расположенного на 7-й хромосоме, с толщиной жира у овец породы эсме (Esme). Однако у овец отечественной селекции оценка связи генотипа с параметром «толщина жира» не проводилась.

Для улучшения мясной продуктивности с применением методов геномной селекции среди отечественных пород наиболее перспективной считается российский мясной меринос. Животные этой породы имеют ярко выраженные мясные формы, отличаются высокой скороспелостью, плодовитостью и при этом имеют исключительные характеристики шерстной продуктивности [9, 10].

В связи с вышеизложенным целью нашей работы стал полногеномный поиск ассоциаций однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) с толщиной жира в поясничной области у овец породы российский мясной меринос и выявление новых генов-кандидатов, влияющих на этот признак.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе лабораторий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (ВНИИОК) – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Сколковского института науки и технологий «Сколтех», научно-диагностического и лечебного ветеринарного центра ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», племенного завода «Вторая Пятилетка» Ставропольского края. Объектом исследований являлись баранчики породы российский мясной меринос в возрасте 12 месяцев (n = 50). Животные были клинически здоровы и получали полноценный рацион. С помощью переносного УЗИ-сканера Edan DUS 60 VET (линейный датчик, частота 5,0 МГц) после выстригания шерсти определяли толщину жира на уровне 1–2-го поясничного позвонка.

Геномную ДНК выделяли из образцов цельной крови, взятой в асептических условиях из яремной вены, с использованием набора PureLink Genomic DNA MiniKit (Invitrogen Life

Technologies, США) в соответствии с протоколом производителя. Генотипирование животных выполнялось с использованием Ovine Infinium HD BeadChip 600K (Illumina, США) согласно протоколу производителя. Первичную обработку результатов генотипирования выполняли с использованием программного обеспечения Genome Studio 2.0 (Illumina, США). Контроль качества генотипирования проводился с использованием программного обеспечения PLINK V.1.07 [11]. В обработку данных были включены образцы с показателем количества выявленных SNP (call rate) больше 0,95. Из анализа были исключены SNP с частотой минорных аллелей (MAF – minor allele frequency) меньше 0,01, частотой потерянных генотипов (missing genotype) больше 0,1. С положительным результатом контроль качества генотипирования прошли 49 образцов. Из 606006 ОНП для дальнейшего анализа было использовано 559721 полиморфизмов. Полногеномный поиск ассоциаций выполняли с использованием программного обеспечения PLINK V.1.07. Достоверными считали различия при $p<0,05$. Визуализацию и построение графиков производили с применением пакета QQman на языке программирования R. Поиск генов-кандидатов осуществлялся среди ближайших генов, расположенных на расстоянии, не превышающем 250000 п.н. (половина сантиморганиды), от анализируемых SNP. Для картирования SNP использовали сборку генома Ovis_Aries_3.1. Аннотирование генов выполняли с использованием геномного браузера Ensembl (www.ensembl.org).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного полногеномного поиска ассоциаций для показателя «толщина жира» было выявлено 14 однонуклеотидных замен, преодолевших порог достоверности (рис. 1). Достоверные ассоциации были выявлены для полиморфизмов, расположенных на хромосомах 1, 3, 6, 18, 19 и 21.

Характеристика SNP с наибольшими показателями достоверности ассоциаций с показателем «толщина жира» у овец породы российский мясной меринос
Characteristics of SNPs with the highest reliability of associations with the indicator “fat thickness” in sheep of the Russian meat Merino breed

№ п/п	SNP	Хромосома/ позиция	Beta	T	P	Ген/расстояние до гена
1	rs410493332	1/275017808	-0,3722	-5,752	6,386e-07	KCNH8/ 117349 п.н.
2	rs401159229	1/268406516	-0,3413	-5,447	1,830e-06	SNORA72 / 9736 п.н.
3	rs424143882	1/268411016	-0,3413	-5,447	1,830e-06	SNORA72 / 5236 п.н.
4	rs159742662	1/594318	-0,4326	-5,442	1,858e-06	MTERF4/ Экзон 4
5	rs428554149	6/99770864	0,4089	5,318	2,847e-06	Intergenic variant / 425363 п.н.
6	rs411846082	21/12970614	0,3387	5,276	3,284e-06	Intergenic variant/ 337282 п.н.
7	rs426320265	19/29345963	-0,3298	-5,184	4,501e-06	RYBP / 72669 п.н.
8	rs424177999	19/29346755	-0,3298	-5,184	4,501e-06	RYBP / 67163 п.н.
9	rs414465157	18/52894534	-0,3217	-5,147	5,117e-06	Intergenic variant /263418 п.н.
10	rs419326714	1/268414047	-0,3318	-5,131	5,398e-06	Downstream gene variant SNORA72 / 2205 п.н.
11	rs417177635	21/10206075	0,3308	4,987	8,780e-06	ENSOARG00000024762/ 72844 п.н.
12	rs422121697	6/7211944	0,3278	4,980	9,005e-06	NDST3/ Intron 1-2
13	rs419320390	6/7216414	0,3278	4,980	9,005e-06	NDST3/ Intron 1-2
14	rs400854650	3/71144817	-0,3374	-4,956	9,772e-06	ENSOARG00000004203/ 44233 п.н.

Результаты оценки распределения достоверностей различий по 26 хромосомам отражены на квантиль-квантиль графике. Начиная с $-\log_{10}(p)>5$ наблюдается отклонение от теоретически ожидаемого распределения в случае подтверждения нулевой гипотезы (рис. 2).

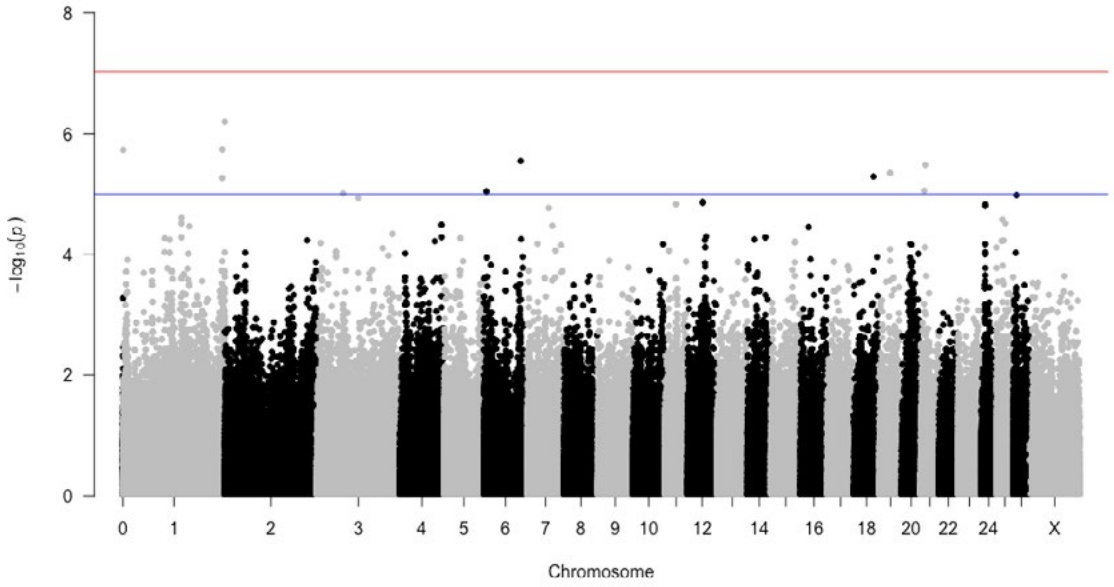


Рис. 1. Манхэттенский график результатов ПГАА с набором значений -log10(p) для исследуемых ОНП. Нижняя линия обозначает порог различий с ожидаемой достоверностью различий при значении -log10(p) = 5, верхней линией указан порог высокой достоверности различий при значении -log10(p) = 7

Manhattan plot of Genome-Wide Association Analysis (GWAS) results with a set of -log10(p) values for the SNPs (Single Nucleotide Polymorphism) studied

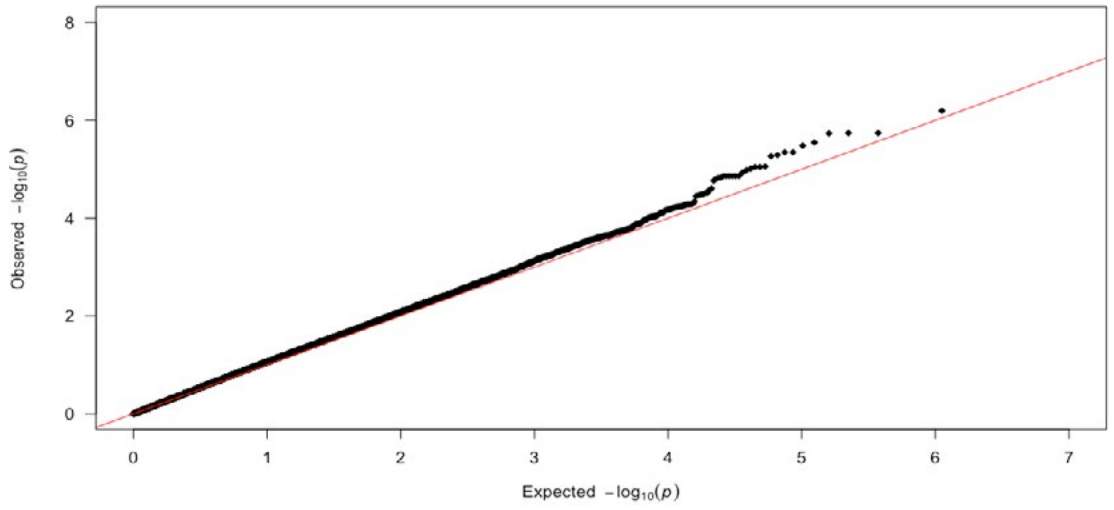


Рис. 2. Q-Q график для вероятностей распределения достоверности оценок ОНП

Q-Q plot for the probability distribution of the reliability of SNP estimates

Замены, имеющие достоверные ассоциации с изучаемым показателем фенотипа, были использованы для поиска генов-кандидатов. Две из них расположены в области интронов белок-кодирующих генов, одна – в области экзона, 10 – на разном удалении от генов (табл. 1). Три замены находились рядом с геном малой ядерной РНК, а одна – с геном некодирующей РНК. Ближе всех к гену располагалась замена rs419326714 на хромосоме 1 – 2205 п.н. Самая большая дистанция от гена была у замены rs410493332 на хромосоме 1, составляющая 117359 п.н. от гена *KCNH8,* данная SNP имела максимальный показатель достоверности связи с параметром «толщина жира». Для большинства других замен дистанция не превышала 73 тыс. п.н. Это указывает на очень высокую вероятность сцепленного наследования обнаруженных SNP между приведенными в таблице генами-кандидатами и изучаемым показателем продуктивности «толщина жира».

Таким образом, проведенный нами анализ позволил обнаружить новые локусы генома, имеющие достоверную связь с прижизненными показателями мясной продуктивности, и предложить ряд новых генов-кандидатов.

Полногеномный поиск ассоциаций SNP с толщиной жира у овец породы российский мясной меринос позволил выявить несколько замен с достаточно высокими показателями достоверности связи. Это указывает на необходимость пристального изучения особенностей строения обнаруженных локусов генома. Для большинства предлагаемых нами новых генов-кандидатов исследований связи с продуктивными качествами животных ранее не проводилось.

Замена rs410493332 располагается на хромосоме 1. Она относятся к межгенным SNP, ближайший ген находится на расстоянии 117359 п.н. Это ген *KCNH8*, кодирующий белок из группы потенциал-зависимых калиевых каналов. Функция работы каналов заключается в регуляции высвобождения нейромедиаторов, частоты сердечных сокращений, секреции инсулина, возбудимости нейронов, эпителиального транспорта электролитов и сокращения гладких мышц [3,12]. Учитывая роль гена *KCNH8* в физиологических процессах, необходимо рассматривать его как потенциальный ген-кандидат продуктивности у овец.

В непосредственной близости с геном, кодирующим ядерный вариант РНК *SNORA72*, находятся три SNP – rs401159229, rs424143882 и rs419326714. Продуктом гена является небольшая ядерная некодирующая РНК, которая отвечает за посттранскрипционные модификации [13]. Представители этого семейства РНК участвуют в экспрессии как малых ядерных, так и цитоплазматических РНК в мышечной ткани, что влияет на рост и развитие мышечной ткани ягнят [14]. Имеющиеся данные о *SNORA72* позволяют считать его вероятным геном-кандидатом мясной продуктивности у овец.

Замена rs159742662 расположена в экзоне 4 гена *MTERF4 (*mitochondrial transcription termination factor 4*),* который находится на хромосоме 1. Известно, что функции этого гена у человека и млекопитающих заключаются в регуляции биогенеза и трансляции РНК митохондриальных рибосом. Продукт гена связывается с митохондриальными рибосомными РНК 16S, 12S и 7S и нацеливает РНК-метилтрансферазу NSUN4 на большую митохондриальную рибосомную субъединицу (39S) [15, 16]. По нашему мнению, вовлеченность гена *MTERF4* в регуляцию инициации транскрипции и сайт-специфической терминации транскрипции указывает на возможность его влияния на реализацию продуктивных качеств у овец и необходимость рассматривать его как вероятный ген-кандидат.

Замены rs428554149, rs411846082, rs414465157 имеют достоверную связь с толщиной жира у овец породы РММ и расположены в межгенном пространстве. В пределах половины сантиморганиды от них не обнаружено кодирующих участков ДНК. Возможно, эти SNP имеют сцепленное наследование с генами, расположенными на расстоянии почти в 425, 330 и 263 тыс. н.п. Но выбранный нами критерий поиска генов-кандидатов не позволяет включить в их состав настолько далеко отстоящие гены. Однако выявленные нами SNP при этом можно использовать в качестве независимых

молекулярно-генетических маркеров при селекции овец породы российский мясной меринос.

Две замены на хромосоме 19, ассоциированные с толщиной жира, – rs426320265 и rs424177999 – находятся в области сцепленного наследования с геном *RYBP* (RING1 and YY1 binding protein). Продукт гена ингибирует миогенез у мышей, а также участвует в регуляции развития скелетных мышц и дифференцировке миобластов у крупного рогатого скота. Исследования на модельных животных, включая мух и мышей, показали, что *RYBP* играет роль в эмбриональном развитии центральной нервной системы и глаз. Исследования на цинчуаньском скоте показали, что в процессе роста и развития уровень экспрессии гена *RYBP* в мышечной ткани постепенно увеличивался, а в жировой ткани значительно снижался [17, 18]. Ген *RYBP* необходимо изучить как потенциального кандидата, влияющего на мясную продуктивность у овец.

Замена rs417177635 располагается рядом с некодирующей РНК (нкРНК) *ENSOARG00000024762* на хромосоме 21. Такого рода некодирующие РНК могут вовлекаться в самые разнообразные внутриклеточные процессы, а также служить структурными компонентами мультисубъединичных рибонуклеопротеиновых комплексов и ядерных субкомпартментов, однако до конца их биологическая роль не изучена. Выявленный SNP также можно использовать в качестве независимого молекулярно-генетического маркера при селекции овец породы российский мясной меринос.

Сразу две замены – rs422121697 и rs419320390, ассоциированные с толщиной жира, локализованы в интроне гена *NDST3* на хромосоме 21. Известно об участии этого гена в репарации тканей, дифференцировке Т-клеток и передаче сигналов цитокинов у овец рамбулье и дорпер, зараженных гельминтами [19]. У коз ген *NDST3* участвует в процессах, регулирующих иммунный ответ на патогенных возбудителей, терморегуляцию, метаболизм и продолжительность жизни [20]. По нашему мнению, этот ген заслуживает внимания для дальнейшего изучения связи с мясной продуктивностью.

Еще одна замена, связанная с параметром толщина жира, находится рядом с геном *ENSOARG00000004203* на хромосоме 3. Несмотря на то, что биологическая роль этого гена не описана, выявленная взаимосвязь с параметром продуктивности может рассматриваться как ген-кандидат мясной продуктивности.

На основании проведенных исследований мы считаем необходимым дальнейшее изучение всех предложенных нами генов-кандидатов для выявления в них структурных особенностей, обусловливающих влияние на толщину жира у овец российских пород. Обнаруженные нами полиморфизмы также могут быть самостоятельно использованы в качестве молекулярно-генетических маркеров при селекционной работе по улучшению продуктивных качеств овец породы российский мясной меринос.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного GWAS у овец породы российский мясной меринос было выявлено 14 SNP, связанных с толщиной жира в поясничной области. Определение местоположения анализируемых SNP позволило установить 5 новых генов-кандидатов параметров мясной продуктивности у породы российский мясной меринос.

2. Обнаруженные замены располагались в экзонах, интронах или фланкирующих областях генов *KCNH8, MTERF4, RYBP, NDST3, ENSOARG00000004203*. Функции этих генов разнообразны, связаны с обменными процессами в клетках, ростом и развитием мышечной ткани, функционированием иммунной системы.

3. Дальнейшие исследования должны быть направлены на подтверждение влияния предложенных генов-кандидатов на фенотип овец, а также на изучение структуры этих генов для выявления конкретных полиморфизмов, вызывающих изменения фенотипа.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» АААА-А19-119072690006-3 (тема № 0513-2019-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *GWAS-Based* Identification of New Loci for Milk Yield, Fat, and Protein in Holstein Cattle / L. Liu [et al.] // Animals (Basel). – 2020. – Vol. 10, N 11. – P. 2048. – https://doi.org/10.3390/ani10112048.
2. *Advances* in genomic strategies to improve growth and meat production traits in sheep: An overview / A.R. Sahu [et al.] // Indian Journal of Small Ruminants (The). – 2017. – Т. 23, N 2. – P. 139–147.
3. *Genome-wide* association study (GWAS) with productivity in Romanov sheep breed / A.Y. Krivoruchko [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series. – 2021. – Т. 59, N 1. – С. 71–80.
4. *Genome-wide* association reveals QTL for growth, bone and in vivo carcass traits as assessed by computed tomography in Scottish Blackface lambs / O. Matika, V. Riggio, M. Anselme-Moizan [et al.] // Genet. Sel. Evol. – 2016. – Vol. 48. – https://doi.org/10.1186/s12711-016-0191-3.
5. *Mapping* quantitative trait loci (QTL) in sheep. III. QTL for carcass composition traits derived from CT scans and aligned with a meta-assembly for sheep and cattle carcass QTL / C.R. Cavanagh, E. Jonas, M. Hobbs [et al.] // Genet. Sel. Evol. – 2010. – Vol. 42. – P. 36.
6. *Virtual* dissection of lamb carcasses using computer tomography (CT) and its correlation to manual dissection / K. Kvaal, B. Egelandsdal, J. Kongsro [et al.] // J. Food Eng. – 2008. – N 88. – P. 86–93.
7. *Non-invasive* methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review / A.M. Scholz, L. Bünger, J. Kongsro [et al.] // Animal. – 2015. – Vol. 9, N 07. – P. 1250–1264. – DOI: 10.1017/s1751731115000336.
8. *Genome-wide* association studies of preweaning growth and in vivo carcass composition traits in Esme sheep / O. Yilmaz [et al.] // Journal of Animal Breeding and Genetics. – 2022. – Т. 139, N 1. – С. 26–39.
9. *Целевые* индикаторы и признаки породы российский мясной меринос / М. И. Селионова [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. – 2017. – Т. 2, № 10. – С. 10–16.
10. *Новая* порода овец – российский мясной меринос / Х.А. Амерханов [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. – 2018. – Т. 1, № 11. – С. 50–56.
11. *PLINK*: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses / S. Purcell, B. Neale, K. Todd-Brown [et al.] // Am J Hum Genet. – 2007. – Sep; Vol. 81 (3). – P. 559–575. – DOI: 10.1086/519795.
12. *A quantitative* structure-activity relationship study on some series of potassium channel blockers / V.S.A.K. Satuluri, J. Seelam, S. P. Gupta [et al.] // Medicinal Chemistry. – 2009. – Vol. 5, N 1. – P. 87–92. – https://doi.org/10.2174/157340609787049244.
13. *Small* nucleolar RNA 113-1 suppresses tumorigenesis in hepatocellular carcinoma / G. Xu, F. Yang, C.L. Ding [et al.] // Mol. Cancer. – 2014. –Vol. 13. – P. 216. – DOI:10.1186/1476-4598-13-216.
14. *Poor* maternal nutrition during gestation alters the expression of genes involved in muscle development and metabolism in lambs / M.L. Hoffman, K.N. Peck, J.L. Wegrzyn [et al.] // Journal of Animal Science. – 2016. – July; Vol. 94, Is. 7. – P. 3093–3099. – https://doi.org/10.2527/jas.2016-0570.
15. *MTERF4* regulates translation by targeting the methyltransferase NSUN4 to the mammalian mitochondrial ribosome / Y. Cámara [et al.] // Cell metabolism. – 2011. – Т. 13, N 5. – С. 527–539.
16. *Зиновкина Л.А.* Механизмы репарации митохондриальной ДНК млекопитающих // Биохимия. – 2018. – Т. 83, № 3. – С. 349–367.
17. *Pirity M.K., Locker J., Schreiber-Agus N.* Rybp/DEDAF is required for early postimplantation and for central nervous system development // Mol. Cell. Biol. – 2005. – N 25. – P. 7193–7202.
18. *Overexpression* of the Rybp Gene Inhibits Differentiation of Bovine Myoblasts into Myotubes / X. Su [et al.[// International Journal of Molecular Sciences. – 2018. – Т. 19, N 7. – С. 2082.
19. *PSIV-B-20* Genome-Wide Association Analyses Revealed Potential Molecular Mechanisms Affecting Milk Fever in Dairy Cattle / M.A. Lunn [et al.] // Journal of Animal Science. – 2022. – Т. 100, N 3. – С. 307–307.
20. *Assessment* of Genetic Diversity and Conservation in South African Indigenous Goat Ecotypes: A Review / A.M. Magoro [et al.] // Animals. – 2022. – Т. 12, N 23. – С. 3353.

REFERENCES

1. Liu L. [et al.], GWAS-Based Identification of New Loci for Milk Yield, Fat, and Protein in Holstein Cattle, *Animals (Basel)*, 2020, Vol. 10, No. 11, pp. 2048, https://doi.org/10.3390/ani10112048.
2. Sahu A.R. [et al.], Advances in genomic strategies to improve growth and meat production traits in sheep: An overview, *Indian Journal of Small Ruminants (The)*, 2017, T. 23, No. 2, pp. 139–147.
3. Krivoruchko A.Y. [et al.], Genome-wide association study (GWAS) with productivity in Romanov sheep breed, *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 2021, T. 59, No. 1, pp. 71–80.
4. Matika O., Riggio V., Anselme-Moizan M. [et al.], Genome-wide association reveals QTL for growth, bone and in vivo carcass traits as assessed by computed tomography in Scottish Blackface lambs, *Genet. Sel.Evol.*, 2016, Vol. 48, https://doi.org/10.1186/s12711-016-0191-3.
5. Cavanagh C.R., Jonas E., Hobbs M. [et al.], Mapping quantitative trait loci (QTL) in sheep. III. QTL for carcass composition traits derived from CT scans and aligned with a meta-assembly for sheep and cattle carcass QTL, *Genet. Sel. Evol.*, 2010, Vol. 42, pp. 36.
6. Kvaal K, Egelandsdal B., Kongsro J., Roe M., Aastveit A.H. [et al.], Virtual dissection of lamb carcasses using computer tomography (CT) and its correlation to manual dissection, *J. Food Eng*, 2008, No. 88, pp. 86–93.
7. Scholz A.M., Bünger L., Kongsro J. [et al.], Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review, *Animal*, 2015, Vol. 9, No. 07, pp. 1250–1264, DOI: 10.1017/s1751731115000336.
8. Yilmaz O. [et al.], Genome-wide association studies of preweaning growth and in vivo carcass composition traits in Esme sheep, *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 2022, T. 139, No. 1, pp. 26–39.
9. Selionova M.I [i dr.], *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2017, T. 2, No. 10, pp. 10–16. (In Russ.)
10. Amerkhanov Kh.A. [i dr.], *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2018, T. 1, No. 11, pp. 50–56. (In Russ.)
11. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K. [et al.], PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses, *Am J Hum Genet.*, 2007, Sep, Vol. 81 (3), pp. 559–75, DOI: 10.1086/519795.
12. Satuluri V.S.A.K., Seelam J., Gupta S.P. [et al.], A quantitative structure-activity relationship study on some series of potassium channel blockers, *Medicinal Chemistry*, 2009, Vol. 5, No. 1, pp. 87–92, https://doi.org/10.2174/157340609787049244.
13. Xu G., Yang F., Ding C.L. [et al.], Small nucleolar RNA 113-1 suppresses tumorigenesis in hepatocellular carcinoma, *Mol.Cancer*, 2014, Vol. 13, pp. 216, DOI:10.1186/1476-4598-13-216.
14. Hoffman M.L., Peck K.N., Wegrzyn J.L. [et al.], Poor maternal nutrition during gestation alters the expression of genes involved in muscle development and metabolism in lambs, *Journal of Animal Science*, 2016, Vol. 94, Is. 7, pp. 3093–3099, https://doi.org/10.2527/jas.2016-0570.
15. Cámara Y. [et al.], MTERF4 regulates translation by targeting the methyltransferase NSUN4 to the mammalian mitochondrial ribosome, *Cell metabolism*, 2011, T. 13, No. 5, pp. 527–539.
16. Zinovkina L.A., *Biokhimiya*, 2018, T. 83, No. 3, pp. 349–367. (In Russ.)
17. Pirity M.K., Locker J., Schreiber-Agus N., Rybp/DEDAF is required for early postimplantation and for central nervous system development, *Mol. Cell. Biol*, 2005, No. 25, pp. 7193–7202.
18. Su X. [et al.], Overexpression of the Rybp Gene Inhibits Differentiation of Bovine Myoblasts into Myotubes, *International Journal of Molecular Sciences*, 2018, T. 19, No. 7, pp. 2082.
19. Lunn M.A. [et al.], PSIV-B-20 Genome-Wide Association Analyses Revealed Potential Molecular Mechanisms Affecting Milk Fever in Dairy Cattle, *Journal of Animal Science*, 2022, T. 100, No. 3, pp. 307–307.
20. Magoro A.M. [et al.], Assessment of Genetic Diversity and Conservation in South African Indigenous Goat Ecotypes: A Review, *Animals*, 2022, T. 12, No. 23, pp. 3353.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-212-218
УДК 619:576.895

ИСПЫТАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ БРУЦЕЛЛЕЗНЫХ АНТИГЕНОВ В СТИМУЛИРОВАННОМ КЛЕТОЧНОМ ТЕСТЕ С НИТРОСИНИМ ТЕТРАЗОЛИЕМ

О.О. Манакова, аспирант, младший научный сотрудник
Т.А. Янченко, кандидат биологических наук
В.С. Власенко, доктор биологических наук
Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
E-mail: golovachcheva@mail.ru

Ключевые слова: бруцеллы, антигены, НСТ-тест, нейтрофилы, иммунный ответ.

Реферат. *Представлены результаты испытания экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов в качестве активатора при постановке стимулированного клеточного теста с нитросиним тетразолием in vitro. В лабораторных условиях изготовлены экспериментальные образцы бруцеллезных препаратов из штаммов бруцелл с разной антигенной структурой. Экспериментальные исследования проведены на иммунизированных R-штаммом бруцелл морских свинках. Определены активность и специфичность исследуемых образцов, а также оптимальная концентрация, обладающая достаточным активирующим потенциалом на нейтрофилы крови иммунизированных морских свинок. На первом этапе исследований отмечено, что дезинтеграты бруцелл и корпускулярные антигены в концентрациях соответственно 50 и 100 мкг/мл обеспечивали специфичность реакции и не вызывали неспецифической активации нейтрофильных гранулоцитов в НСТ-тесте с кровью интактных животных. В дальнейшем была изучена динамика иммунного ответа иммунизированных морских свинок в НСТ-тесте с применением экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов в оптимальных концентрациях. Отбор биоматериала для исследований осуществляли до иммунизации и на 7-, 14-, 21-, 28-, 42-, 55-, 69, 125-е сутки после иммунизации. Рассчитан коэффициент стимуляции как отношение индуцированного уровня клеточной активности к спонтанному. Установлено, что максимальный уровень специфической активации нейтрофилов в НСТ-тесте отмечается преимущественно на 28-е сутки, что совпадает с пиком синтеза агглютинирующих и комплементсвязывающих антител в серологических реакциях. Полученные в результате эксперимента данные позволяют сделать вывод о возможности применения экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов в качестве стимулятора при постановке НСТ-теста с целью проведения достоверного контроля клеточной перестройки организма в период формирования иммунного ответа.*

TESTING OF EXPERIMENTAL BRUCELLOSIS ANTIGENS IN A STIMULATED CELL TEST WITH NITROBLUE TETRAZOLIUM

O.O. Manakova, PhD student, Junior Researcher
T.A. Yanchenko, PhD in Biological Sciences
V.S. Vlasenko, Doctor of Biological Sciences
Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia
E-mail: golovachcheva@mail.ru

Keywords: Brucella, antigens, NBT test, neutrophils, immune response.

Abstract. *The results of testing experimental samples of brucellosis antigens as an operator when performing a stimulated activated cell test with nitroblue tetrazolium in vitro are presented. Experimental samples of brucellosis preparations from Brucella strains with different antigenic structures were used in laboratory conditions. Experimental studies were carried out on guinea pigs immunized with Brucella's R-strain. The activity and specificity of additional samples and the optimal concentration providing the stimulating potential of neutrophils in the blood of immunized guinea pigs were determined. At the first stages of the study, it was noted that Brucella disintegrates. Corpuscular antigens in concentrations were 50 and 100 μg/ml, and this did not cause nonspecific activation of neutrophil granulocytes in the NBT test with the blood of intact animals. Subsequently, we studied the immune response dynamics of immunized guinea pigs in the NBT test using experimental samples of brucellosis antigens in optimal concentrations. The biomaterial selection for research was carried out before immunization*

and on the 7th, 14th, 21st, 28th, 42nd, 55th, 69th, and 125th day after vaccination. The stimulation coefficient was calculated as the ratio of the induced level of cellular activity to the spontaneous one. It was found that the maximum level of specific activation of neutrophils in the NBT test is characteristic exclusively on the 28th day, corresponding to the peak synthesis of agglutinating and complement-fixing antibodies in serological reactions. The data obtained from the experiment allow us to conclude that it is possible to use experimental samples of brucellosis antigens as a stimulant when performing an NBT test with the Foundation for determining the immune control of cellular restructuring of the body during the formation of the response.

Бруцеллез – наиболее распространенный бактериальный зооноз во всем мире. По данным Россельхознадзора, более половины случаев бруцеллеза в мире регистрируется в странах Восточного Средиземноморья. Неблагополучие по бруцеллезу сохраняется на территории Африканского континента, государств Восточной Европы и Центральной Азии, Китая, Индии, Бангладеша, Пакистана, Европейского союза, Центральной и Южной Америки, Соединенных Штатов Америки. В Российской Федерации бруцеллез широко распространен на юге европейской части. В последние годы наметилась тенденция к снижению количества ежегодно выявляемых эпизоотических очагов бруцеллеза, однако риск распространения бруцеллеза среди животных в стране остается высоким [1–4].

Широкое распространение и несвоевременная постановка диагноза связаны с этиопатологической особенностью бруцеллеза, которая обусловливается способностью возбудителя инфекции «уклоняться» от иммунного ответа хозяина, что приводит к хроническому течению заболевания с длительной персистенцией патогена в организме хозяина [5–8].

В последние годы в ветеринарную лабораторную практику активно внедряются диагностические тесты, основанные на клеточных реакциях *in vitro* с антигенной нагрузкой, позволяющие выявить изменения в структуре иммунокомпетентных клеток. Однако для полноценной оценки клеточного иммунитета при различных заболеваниях необходимы специфические антигены [9–11].

Для разработки диагностически информативных методик постановки антиген-стимулированных клеточных тестов *in vitro* необходим тщательный подбор специфического стимулирующего антигена, обеспечивающего специфичность реакции и обладающего достаточным активирующим потенциалом [12, 13].

В доступной литературе имеются сообщения об изучении функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов у животных, иммунизированных бруцеллами, с применением в качестве антигенной нагрузки (стимулятора) корпускулярных антигенов, изготовленных из вакцинных штаммов бруцелл, но информации о концентрации, специфичности и активности данных антигенов нами обнаружено не было [14, 15]. На базе ВНИИБТЖ изготовлены экспериментальные образцы бруцеллезных антигенов для постановки клеточных тестов *in vitro* с использованием вакцинных штаммов бруцелл с разной антигенной структурой.

Цель исследований – определить активность и специфичность нескольких экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов и оценить возможность их использования при оценке функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов у морских свинок, иммунизированных R–штаммом бруцелл.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В лабораторных условиях изготовлены четыре экспериментальных образца бруцеллезных антигенов ($D_{R,}$ $D_{S,}$ C_R, C_S) на основе S– и R–вакцинных штаммов бруцелл из биоресурсной коллекции отдела ветеринарии (ВНИИБТЖ) ФГБНУ «Омский АНЦ». Антигены D_R и D_S получены методом ультразвуковой дезинтеграции, C_R и C_S– корпускулярные антигены.

Стандартизацию концентрации антигенов осуществляли по содержанию белка с помощью полуавтоматического биохимического ветеринарного анализатора EMP–168 Vet (производитель Emperor, Китай) с использованием набора реагентов для определения белка HOSPITEX DIAGNOSTICS.

Активность и специфичность изготовленных экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов оценивали в реакции агглютинации (РА) и реакции связывания комплемента

(РСК) с применением сыворотки негативной сухой, сыворотки бруцеллезной сухой производства ФКП «Щелковский биокомбинат» и экспериментальными сериями R–бруцеллезной сыворотки.

Исследования выполняли на самцах морских свинок линии агути (масса 400–450 г, возраст 4–5 месяцев) в соответствии с законодательством РФ и Директивой европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

Были сформированы две группы животных, опытную группу (5 голов) иммунизировали *B. abortus* 16/4 в дозе 1 млрд КОЕ/мл подкожно, контрольные животные (5 голов) – интактные. У всех особей до иммунизации и на 7-, 14-, 21-, 28-, 42-, 55-, 69-,125-е сутки после иммунизации производили отбор периферической крови для постановки НСТ-теста (спонтанного и стимулированного), а также серологических реакций.

Функциональное состояние нейтрофилов крови у опытных морских свинок в разные сроки после иммунизации оценивали с помощью фотометрического способа постановки теста с нитросиним тетразолием (НСТ) без обработки антигеном (спонтанный вариант) и с обработкой экспериментальными бруцеллезными препаратами (стимулированный вариант) с последующим расчетом в соответствии со стандартной методикой коэффициента стимуляции (КС). Фиксацию результатов осуществляли с помощью многоканального иммунохимического анализатора FluorofotSTDLess-486-M при длине волны 492 нм и учитывали в условных единицах оптической плотности (у. ед. оп. пл.).

Для характеристики функционального резерва нейтрофилов был рассчитан коэффициент стимуляции как отношение индуцированного уровня клеточной активности к спонтанному.

Сыворотку крови морских свинок исследовали согласно ГОСТ 34105–2017 Животные. Лабораторная диагностика бруцеллеза. Серологические методы и Наставлению по диагностике бруцеллеза животных № 13-5-02/0850 от 29.09.2003 с экспериментальными образцами R–бруцеллезных антигенов.

Статистическую обработку цифрового материала проводили с помощью программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На начальном этапе исследований с целью определения специфического титра экспериментальных образцов бруцеллезных антигенов нами была осуществлена проверка их агглютинирующей и комплементсвязывающей активности, которая составила для РА 1 : 100, а для РСК – 1 : 75.Затем нами была проанализирована возможность использования полученных образцов в качестве антиген-стимулированной клеточной реакции *in vitro* для оценки формирования противобруцеллезного иммунитета.

Для решения поставленной задачи были приготовлены разные концентрации (25, 50, 100 и 200 мкг/мл) экспериментальных образцов $D_{R,}$ $D_{S,}$ C_R, C_S антигенов и определена их специфическая активность *in vitro* в НСТ–тесте с кровью морских свинок, иммунизированных *Brucella abortus* 16/4.

Проведенные исследования показали, что наиболее выраженная специфическая активация после иммунизации морских свинок для дезинтегратов бруцелл отмечалась при стимуляции клеточной взвеси нейтрофилов антигеном в концентрации 50 мкг/мл, тогда как для корпускулярных – 100 мкг/мл (таблица). Дальнейшее увеличение их концентрации, напротив, способствовало снижению стимулированной НСТ–активности.

Следует отметить, что при идентичном исследовании проб крови от интактных морских свинок с использованием оптимальных концентраций антигенов мы не наблюдали усиления кислород-продуцирующей активности нейтрофилов в НСТ-тесте при стимуляции как корпускулярными антигенами, так и дезинтегратами бруцелл. Так, спонтанная НСТ активность у таких животных составила в среднем 0,304±0,062, индуцированная D_R и D_S – 0,314±0,034; 0,319±0,069. и C_R и C_S – 0,299±0,066 и 0,294±0,048 соответственно. Следовательно, сконструированные нами экспериментальные образцы при использовании в качестве антиген-стимулированной клеточной реакции *in vitro* не проявляли неспецифического активирования нейтрофильных гранулоцитов.

Таблица

Влияние разных концентраций экспериментальных серий антигенов на функциональную активность нейтрофилов в НСТ–тесте у морских свинок, иммунизированных *Brucella abortus* 16/4 (M±m)
The influence of different concentrations of experimental series of antigens on the functional activity of neutrophils in the NBT test in guinea pigs immunized with Brucella abortus 16/4 (M±m)

Антиген	Стимулированный НСТ–тест, у.ед. оп.пл.			
	Концентрация стимулятора, мкг/мл			
	25	50	100	200
D_R	0,557±0,140	0,732±0,179	0,634±0,106	0,535±0,105
D_S	0,416±0,025	0,633±0,151	0,563±0,093	0,541±0,086
C_R	0,431±0,084	0,618±0,092	0,708±0,092	0,557±0,140
C_S	0,405±0,069	0,561±0,114	0,672±0,111	0,548±0,076

Примечание. D – дезинтеграт бруцелл; C – корпускулярный антиген.
Note. D – Brucella disintegrate; C – corpuscular antigen.

На следующем этапе для изучения динамики иммунного ответа у иммунизированных морских свинок была проведена оценка функционального состояния нейтрофилов в НСТ-тесте. В качестве индукторов (стимуляторов) использовали экспериментальные образцы бруцеллезных антигенов в концентрациях, которые по результатам предыдущего эксперимента вызывали наиболее выраженную специфическую активацию.

Перед иммунизацией, как отмечено выше, спонтанная тетразолиевая активность в среднем по группе составила 0,304, индуцированная – от 0,294 до 0,319 в зависимости от внесенного стимулятора, при этом КС варьировал от 0,97 до 1,05.

На 7-е сутки после иммунизации функционально-метаболическая деятельность нейтрофилов без антигенной нагрузки существенно усиливалась относительно показателей интактных морских свинок (соответственно 0,531±0,022 и 0,304±0,062; p<0,01). Помимо этого, параметры спонтанного НСТ–теста в значительной степени были выше стимулированного экспериментальными бруцеллезными препаратами. Так, наиболее низкий уровень индуцированной тетразолиевой активности мы наблюдали при использовании в реакции корпускулярных антигенов C_Rи C_S: 0,158±0,019 и 0,160±0,018, при этом КС в среднем составил 0,29. При внесении дезинтеграт бруцелл D_R и D_S кислород–продуцирующая активность нейтрофилов была несколько выше: 0,407±0,114; 0,456±0,034 и, как следствие, более высоким также был коэффициент стимуляции – 0,40 и 0,45 соответственно.

Дальнейшее усиление спонтанной НСТ–теста активности происходило на 14-е сутки – до 0,862±0,133 против 0,304±0,062 (p<0,01) до сенсибилизации. В отличие от более ранних сроков исследований мы наблюдали также интенсификацию показателей НСТ-теста, индуцированного экспериментальными специфическими антигенами. Так, относительно интактных животных происходило увеличение кислород-продуцирующей деятельности нейтрофилов при обработке клеточной взвеси антигенами C_R в среднем до 0,708±0,092 против 0,299±0,066 (p<0,05) и C_S – до 0,672±0,111 против 0,294±0,048 (p<0,05), а также D_R до 0,732±0,179 против 0,314±0,034 (p<0,05) и D_S – до 0,633±0,151 против 0,319±0,069. Наиболее высокий КС зарегистрирован при стимуляции антигенами, изготовленными из R–штаммов: D_R – 0,849 и C_R – 0,821.

Несмотря на тенденцию к снижению уровня функционального состояния нейтрофилов на 21-е сутки после иммунизации по сравнению с 14-ми сутками, генерация окислительного взрыва фагоцитами по-прежнему оставалась на более высоком уровне относительно интактных морских свинок, о чем свидетельствовало повышение показателей тетразолиевой активности, особенно при постановке НСТ–теста в спонтанном варианте (соответственно 0,446±0,021 и 0,304±0,062; p<0,05).

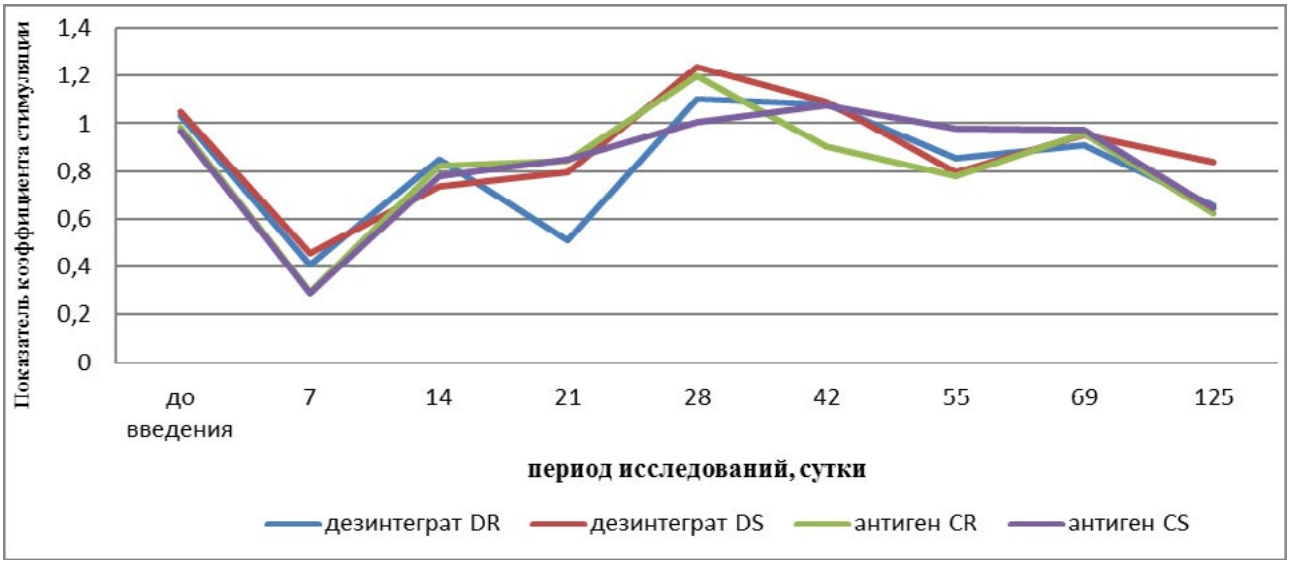
На 28–е сутки после введения *B. abortus* 16/4 вновь отмечена выраженная активизация

внутриклеточного метаболизма нейтрофилов, которая сопровождалась увеличением как спонтанной – в 2,19 раза ($p<0,01$), так и индуцированной антигенами активности – D_R в 2,35 раза ($p<0,001$), D_S – в 2,59 ($p<0,05$), а также C_R – в 2,67 ($p<0,01$) и C_S – в 2,28 раза ($p<0,05$). В отличие от исследований, проведенных на 7–21-е сутки после иммунизации, уровень генерации кислородных радикалов в нейтрофилах после их обработки экспериментальными специфическими антигенами был выше, чем в клетках, не инкубированных с изучаемыми препаратами. Самые минимальные значения КС составили 1,004±0,125 при использовании в качестве стимулятора C_S.

В последующем, на 42-е, 55-е и особенно на 69-е сутки наблюдения, сохранился более высокий уровень спонтанной и индуцированной тетразолиевой активности нейтрофилов по сравнению с интактными морскими свинками. Если КС на 42-е сутки в среднем по группам варьировал от 0,90 до 1,09, то к 69–м суткам снижался при использовании в качестве стимуляторов D_R, D_S, а также C_S антигенов.

На 125-е сутки от начала эксперимента индивидуальные значения спонтанной активности нейтрофилов у морских свинок варьировали в широких пределах (от 0,289 до 0,779) и в среднем составили 0,534±0,102 против 0,304±0,062 у интактных животных. Стимулированная тетразолиевая активность нейтрофилов, напротив, недостоверно уменьшалась, за исключением случая, когда в качестве стимулятора использовали дезинтеграт D_R, при внесении которого наблюдали некоторую тенденцию к усилению генерации кислородных радикалов. Вследствие этих изменений также происходило снижение КС в 1,25–1,57 раза по сравнению с неиммунизированными особями.

Анализ КС в динамике, представленный на рисунке, отчетливо показывает, что пик специфической активации нейтрофилов в НСТ–тесте наблюдается преимущественно на 28-е сутки.



Динамика изменений коэффициентов стимуляции в НСТ–тесте в разные сроки после иммунизации морских свинок

Dynamics of changes in stimulation coefficients in the NBT test at different times after immunization of guinea pigs

Необходимо отметить, что иммунный ответ на введение штамма *B. abortus* 16/4 также сопровождался выработкой специфических агглютинирующих и комплементсвязывающих антител с 14-х по 69-е сутки после иммунизации, при этом максимум их синтеза в РА наблюдали на 21–28-е сутки, в РСК – на 28-е сутки, что совпадало с пиком специфической активации нейтрофилов.

ВЫВОДЫ

1. Изготовленные экспериментальные образцы дезинтегратов бруцелл обладают выраженной стимуляцией взвеси нейтрофилов

в тесте с нитросиним тетразолием в концентрации 50 мкг/мл, корпускулярные антигены – 100 мкг/мл.

2. Анализ полученных результатов позволяет заключить, что экспериментальные образцы бруцеллезных антигенов способствуют проведению достоверного контроля клеточной перестройки организма в период формирования иммунного ответа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Обзор* эпидемиологической и эпизоотологической ситуации по бруцеллезу в мире в 2022 году и прогноз на 2023 год в Российской Федерации / Россельхознадзор [Электронный ресурс]. – URL: https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/news/212515.html (дата обращения: 30.05.2023).
2. *The Development* of Diagnostic and Vaccine Strategies for Early Detection and Control of Human Brucellosis, Particularly in Endemic Areas / A. Elbehiry [et al.] // Vaccines. – 2023. – N 11. – P. 1–20.
3. *Diagnostic* significance of hematological parameters in brucellosis / M. Çelik [et al.] // Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan. – 2023. – N 1. – P. 50–55.
4. *Ecological* bases of the epizootic process of brucellosis and its control in small ruminants / P.K. Arakelyan, A.S. Dimova, S.K. Dimov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «Ensuring sustainable development in the contextof agriculture, green energy, ecology and earth science». – 2021. – P. 1–7. – Scopus ID 45703365, DOI:10.1088/1755–1315/723/4/042015
5. *Dendritic* cells and Brucella spp. interaction: the sentinel host and the stealthy pathogen. / E.D. Avila–Calder´on [et al.] // Folia Microbiologica. – 2020. – N 65. – P. 1–16.
6. *Значение* клеточных факторов иммунитета при применении экологически безопасной сплит-конъюгированной противобруцеллёзной вакцины в сочетании с иммуномодуляторами / Д. Абдессемед, В.А. Агольцов, С. Ю. Веселовский [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 2. – С. 172–179.
7. *Immunological* response to Brucella abortus strain 19 vaccination of cattle in a communal area in South Africa / G.J.G. Simpson, T. Marcotty, E. Rouille [et al.] // Journal of the South African Veterinary Association. – 2018. – N 89 (0). – a1527. – https://doi. org/10.4102/jsava.v89i0.1527.
8. *Манакова О.О.* Изучение клеточного иммунного ответа при бруцеллезе животных // Современные научные подходы к решению проблемы бруцеллеза: сб. материалов конф., Омск, 11 октября 2020 г. – Омск: ИП Машкеевой Е.А., 2020. – С. 68–72.
9. *Immune* response and recent advances in diagnosis and control of brucellosis / A. Elrashedy [et al.] // German Journal of Veterinary Research. – 2022. – N 2 (1). – P. 10–24.
10. *Сабанчиева Ж.Х.* Состояние фагоцитарной системы крови в НСТ–тесте у больных ВИЧ–инфекцией // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 3. – С. 44–45.
11. *Дегтяренко Л.В., Власенко В.С., Бронников В.С.* Оценка механизмов иммуногенеза у морских свинок, сенсибилизированных бруцеллами // Вестник ветеринарии. – 2015. – № 2 (73). – С. 42–46.
12. *Власенко В.С., Дегтяренко Л.В., Иванов А.И.* Оценка функциональной активности нейтрофилов крови морских свинок, инфицированных R–формой бруцелл // Теоретические и практические аспекты развития современной ветеринарной науки: Тр. КазНИВИ. – 2012. – Т. 58. – С. 67–72.
13. *Кошкин И.Н., Власенко В.С., Бажин М.А.* Функциональная активность нейтрофилов у морских свинок, иммунизированных конъюгатами на основе антигенов БЦЖ с бетулином и его производными // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 5(170). – С. 116–121.
14. *Алимов А.М., Закирова Л.А.* Показатели клеточного иммунитета у морских свинок при вакцинации и экспериментальной бруцелезной инфекции // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2016. – Т. 227, № 3. – С. 4–6.
15. *Методы* иммунологической оценки животных, сенсибилизированных измененными формами бруцелл: метод. пособие / Л.В. Дегтяренко, Л.Н. Гордиенко, В.С. Власенко [и др.]. – М.; Омск: Литера, 2017. – 30 с.

REFERENCES

1. *Obzor e`pidemiologicheskoj i e`pizootologicheskoj situacii po brucellezu v mire v 2022 godu i prognozna 2023 god v Rossijskoj Federacii*: https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/news/212515.html. (In Russ.)

2. Elbehiry A. [et al.], The Development of Diagnostic and Vaccine Strategies for Early Detection and Control of Human Brucellosis, Particularly in Endemic Areas, *Vaccines,* 2023, No. 11, pp. 1–20.
3. Çelik M. [et al.], Diagnostic significance of hematological parameters in brucellosis, *Journal of Clinical Medicine of Kazakhstan*, 2023, No. 1, pp. 50–55.
4. Arakelyan P.K., Dimova A.S., Dimov S.K., Rudenko A.V., Yanchenko T.A., Orobets V.A., Ecological bases of the epizootic process of brucellosis and its control in small ruminants, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «Ensuring sustainable development in the contextof agriculture, green energy, ecology and earth science»*, 2021 pp. 1–7 Scopus ID 45703365, DOI:10.1088/1755–1315/723/4/042015.
5. Avila–Calder´on E.D. [et al.], Dendritic cells and Brucella spp. interaction: the sentinel host and the stealthy pathogen, *Folia Microbiologica,* 2020, No. 65, pp. 1–16.
6. Abdessemed D., Agol`czov V.A., Veselovskiji S.Yu. [i dr.], *Teoreticheskaya i prikladnayae`kologiya*, 2020, No. 2, pp. 172–179. (In Russ.)
7. Simpson G.J.G., Marcotty T., Rouille E., Chilundo A., Letteson J–J., Godfroid J., Immunological response to Brucellaabortus strain 19 vaccination of cattle in a communal area in South Africa, *Journal of the South African Veterinary Association*, 2018, Vol. 89 (0), a1527, https://doi. org/10.4102/jsava.v89i0.1527.
8. Manakova O.O., *Sovremenny`enauchny`epodxody` k resheniyu problemy` brucelleza* (Modern scientific approaches to solving the problem of brucellosis), Proceedings of the Conference Title, Omsk, 2020, pp. 68–72. (In Russ.)
9. AlyaaElrashedy [et al.], Immune response and recent advances in diagnosis and control of brucellosis, *German Journal of Veterinary Research*, 2022, No. 2 (1), pp. 10–24.
10. Sabanchieva Zh. X., *Uspexi sovremennogo estestvoznaniya*, 2006, No. 3, pp. 44–45. (In Russ.)
11. Degtyarenko L.V., Vlasenko V.S., Bronnikov V.S., *Vestnik veterinarii*, 2015, No. 2 (73), pp. 42–46. (In Russ.)
12. Vlasenko V.S., Degtyarenko L.V., Ivanov A.I., *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty` razvitiya sovremennoj veterinarnoj nauki*: *Tr. KazNIVI*, 2012, T. 58, pp. 67–72. (In Russ.)
13. Koshkin I.N., Vlasenko V.S., Bazhin M.A., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 5 (170), pp. 116–121. (In Russ.)
14. Alimov A.M., Zakirova L.A., *Ucheny`e zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny` im. N.E`.Baumana*, 2016, T. 227, No. 3, pp. 4–6. (In Russ.)
15. Degtyarenko L.V., Gordienko L.N., Vlasenko V.S. [i dr.], *Metody` immunologicheskoj ocenki zhivotny`x, sensibilizirovanny`x izmenenny`mi formami brucell* (Methods for immunological assessment of animals sensitized with altered forms of Brucella), Moscow; Omsk: Litera, 2017, 30 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-219-229
УДК 638.19:638.15

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЧЕЛОВОДСТВА

[1]**С.В. Митрофанов,** кандидат сельскохозяйственных наук
[2]**А.И. Шестакова,** кандидат сельскохозяйственных наук
[3]**Т.В. Папаскири,** доктор экономических наук
[2]**Л.Н. Савушкина,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[1]*Высшая школа экономики, Москва, Россия*
[2]*Федеральный научный центр пчеловодства, Рыбное, Россия*
[3]*Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия*
E-mail: f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Ключевые слова: устойчивость, глобальное изменение климата, медоносная пчела, *Apis mellifera L.*

Реферат. *Представлен анализ исследований, посвященных проблеме влияния глобального изменения климата на медоносных пчел (Apis mellifera L.) и устойчивость отрасли пчеловодства. Информационной базой исследования послужили научные электронные библиотеки и поисковые системы: eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus, портал ResearchGate. Проведенный анализ показал, что глобальное изменение климата несет за собой негативное влияние на медоносных пчел, оказывая как прямое влияние на колонии пчел (снижение яйценоскости маток и выживаемости личинок, рост заболеваемости), так и косвенное, воздействуя на кормовую базу (сдвиг сезона цветения растений, снижение нектаропродуктивности) и вредителей. Это может повлечь за собой снижение валовых сборов меда и других продуктов пчеловодства, а также увеличение затрат пчеловодов на уход за пчелами, в том числе на препараты для защиты от вредителей и болезней, а также на покупку или производство дополнительных кормов. В связи с этим важно проводить дальнейшие исследования в области влияния глобального изменения климата на медоносных пчел, что позволит разработать более эффективные приемы их содержания и защиты, а также меры по уменьшению негативных последствий изменения климата на жизненный цикл пчел. Установлено, что пчеловодство практически не интегрировано в повестку устойчивого развития. Одной из главных причин этого является недостаточная осведомленность общественности и правительственных органов о роли медоносных пчел в сельском хозяйстве и экосистемах. Кроме того, наблюдается относительно низкий уровень поддержки со стороны правительственных органов в отношении пчеловодства. Многие страны не имеют законодательства, регулирующего пчеловодство, и не предоставляют достаточной финансовой поддержки для развития отрасли.*

ANALYSIS OF THE IMPACT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON THE SUSTAINABILITY OF BEEKEEPING

[1]**S.V. Mitrofanov,** PhD in Agricultural Sciences
[2]**A.I. Shestakova,** PhD in Agricultural Sciences
[3]**T.V. Papaskiri,** Doctor of Economics
[2]**L.N. Savushkina,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
[1]*Higher School of Economics, Moscow, Russia*
[2]*Federal Scientific Center for Beekeeping, Rybnoye, Russia*
[3]*State University of Land Management, Moscow, Russia*
E-mail: f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Keywords: sustainability, global climate change, honey bee, Apis mellifera L.

Abstract. *An analysis of studies on the problems of global climate change about honey bees (Apis mellifera L.) and the sustainability of beekeeping is presented. The research information base is represented by scientific electronic libraries and search engines: eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus, and ResearchGate portal. The analysis showed that global climate change hurts honey bees, having both a direct impact on bee colonies (reduced egg production of queens and larval survival, usury) and a limited impact on food supply (shift in the flowering*

season of plants, decreased nectar productivity) and pests. This may entail a decrease in the gross harvest of honey and other beekeeping products and an increase in beekeepers' costs for caring for bees, including drugs to protect against pests and diseases and for the purchase or production of additional feed. In this regard, it is essential to continue further research in the field of global climate change for honey bees, which will allow us to develop more effective methods for their management and protection, as well as measures to reduce the adverse effects of climate change on the life cycle of bees. It has been established that beekeeping is not integrated into the development agenda. One of the main reasons for this is the lack of awareness among state and government authorities about the role of honey bees in rural farms and ecosystems. Additionally, there is a relatively low level of government support for beekeeping. Many countries do not have legislation regulating beekeeping and do not provide sufficient financial support for the development of the industry.

Сельское хозяйство является одной из наиболее важных отраслей экономики большинства стран мира. Его устойчивость в настоящее время становится все более актуальной проблемой, особенно в свете изменения климата, угрозы экологического кризиса и растущей потребности в продуктах питания.

Одним из главных факторов, оказывающих влияние на устойчивость сельского хозяйства, является изменение климата: повышение температуры воздуха, увеличение числа экстремальных погодных событий и изменение количества осадков.

Согласно исследованию Организации экономического сотрудничества и развития, изменение климата может привести к снижению урожайности зерновых культур до 20% к 2050 г. [1]. Изменение климата также может повысить риск заболеваний растений и животных, которые могут негативно сказаться на урожайности этих растений и показателях продуктивности животноводства. Например, согласно отчету ФАО, в 2017 г. в Западной Африке был зарегистрирован сильный всплеск заболевания козлят, вызванный изменением климата [2].

Кроме того, изменение климата может повлиять на доступность воды для сельского хозяйства. Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения, до 2025 г. в мире около 1,8 млд человек будут жить в регионах с ограниченным доступом к воде [3]. Это может привести к сокращению площадей, выделенных под сельское хозяйство, и снижению производительности.

Вторым по значимости фактором, влияющим на устойчивость сельского хозяйства, является вид использования земельных ресурсов. Размер и структура посевных площадей оказывают влияние на урожайность, общую продуктивность пахотных угодий, состояние кормовой базы и на развитие животноводства, поэтому определяют уровень производства продукции и экономическую эффективность. Рациональная структура способствует созданию соответствующих агротехнических и экономических условий и на этой основе – повышению урожайности.

Структура посевных площадей является одним из наиболее гибких элементов системы земледелия. Ее совершенствование направлено на увеличение продуктивности агроландшафтов, а также снижение трудовых и материально-финансовых затрат на ее единицу. В теории оно происходит двумя путями. Первый – замена менее урожайных культур и сортов более урожайными, не затрагивая системы ведения хозяйства в целом. Второй путь связан с ее перестройкой – углублением межхозяйственной и внутрихозяйственной специализации, что меняет состав и сочетание культур, взаимосвязь между земледелием и животноводством. Это приводит к организационным изменениям в их единстве, в том числе и в структуре посевных площадей [4].

На практике внедряемые в ходе «зеленой революции» интенсивные системы земледелия были направлены на обеспечение максимальных урожаев сельскохозяйственных культур с единицы площади, что должно было окупать большие затраты на землю, рабочую силу и машины при снижении себестоимости продукции. Это способствовало направленной селекции на агрохимическую активность сортов, разработке высокоэффективных средств защиты растений. Подобный подход в совокупности с другими факторами привел к упрощенным системам ведения сельского хозяйства [5].

Огромное влияние на устойчивость сельского хозяйства оказывают факторы химико-техногенной интенсификации производства.

Одним из примеров является исследование, проведенное в Индии в 2013 г., в котором было установлено, что использование химических удобрений приводит к снижению содержания органического вещества в почве на 1,2–1,8% в год [6].

Кроме того, остатки агрохимикатов и пестицидов могут накапливаться в почве и загрязнять окружающую среду длительное время. В исследовании по изучению содержания пестицидов в почве, проведенном в 55 районах Китая, установлено, что в 43% случаев уровень загрязнения почвы пестицидами превышал допустимые нормы, установленные китайскими органами по охране окружающей среды [7]. Более того, в некоторых районах уровень загрязнения был настолько высоким (превышение ПДК до 28 раз), что это может привести к серьезным проблемам для окружающей среды и здоровья человека.

По результатам исследования, проведенного Министерством здравоохранения и социальных услуг США (Department of Health and Human Services) и Центрами контроля и профилактики заболеваний США (Centers for Disease Control and Prevention), установлено, что уровень остатков пестицидов в 12% продуктов питания, включая фрукты, овощи и зерновые, превышал допустимые нормы [8]. Среди наиболее часто обнаруживаемых пестицидов были хлорпирифос, дельтаметрин и циперметрин. Все они могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека.

Кроме того, устойчивость сельского хозяйства может быть подвержена влиянию других факторов, таких как изменения в мировой экономике и социальных условиях, в потребительских предпочтениях и диетических привычках.

В свете глобальных вызовов (изменение климата, деградация почв, сокращение биоразнообразия и увеличение населения) становится все более актуальной концепция устойчивого сельского хозяйства. Эта концепция предлагает новый подход к производству продовольствия, который учитывает экологические, социальные и экономические аспекты и направлен на обеспечение продовольственной безопасности и более справедливого распределения продуктов питания [9].

Основным принципом устойчивого сельского хозяйства является сохранение и повышение плодородия почвы и биологического разнообразия. Одним из способов достижения этой цели является использование практик, которые учитывают потребности растений и животных, а также экосистемы в целом.

Свои корни этот подход берет в движении за экологическое земледелие, которое началось в 1940-х гг. в США. В существующем виде данная концепция возникла в 1970-х гг. В ее основе лежит идея, что сельское хозяйство должно служить не только для производства продовольствия, но и быть социальным и экологическим инструментом. В 1987 г. Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию в своем докладе «Наше общее будущее» подчеркнула необходимость создания устойчивого сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения природных ресурсов. В 1992 г. на конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию была принята программа «Agenda 21», в которой были определены главные направления развития устойчивого сельского хозяйства. В 1996 г. проведена Мировая конференция по продовольственной безопасности, на которой были приняты рекомендации по созданию устойчивого сельского хозяйства.

Интерес к устойчивому сельскому хозяйству продолжает расти. В 2015 г. были приняты Цели устойчивого развития ООН, одной из которых является обеспечение устойчивого развития в области сельского хозяйства. В рамках этих целей были разработаны различные программы и инициативы, направленные на улучшение устойчивости сельского хозяйства.

Энтомофильные растения являются важным компонентом сельского хозяйства и имеют огромное значение для жизни человека. Согласно мета-анализу исследований [10], до 90% всех фруктов, овощей и ягод, потребляемых людьми, зависят от опыления насекомыми. Благодаря этим растениям люди получают не только пищу, но и витамины, минералы и другие питательные вещества, необходимые для здоровья [11].

Кроме того, энтомофильные растения играют важную роль в экосистеме, способствуют разнообразию растительности и сохранению

биоразнообразия. Они являются источником пищи и жилья для многих насекомых, которые, в свою очередь, являются источником пищи для птиц и других животных. Согласно исследованию, проведенному в Испании, в лесах, в которых присутствуют энтомофильные растения, замечена более высокая плотность птиц и млекопитающих, чем в тех лесах, которые не содержат такие растения [12].

При этом некоторые исследования говорят о том, что вклад опыления насекомыми в мировую сельскохозяйственную экономику составляет более 200 млрд долл. в год [13, 14].

Медоносные пчелы (*Apis mellifera* L.) являются наиболее распространенными опылителями в мире. Они обеспечивают опыление многих культурных и дикорастущих растений, что является ключевым фактором в повышении урожайности и качества продукции в сельском хозяйстве. Опыление пчелами может увеличить урожайность культурных растений на 25-30% [15].

Медоносные пчелы не только играют важную роль в сельском хозяйстве, но и являются неотъемлемой частью многих экосистем. Они обеспечивают опыление многих дикорастущих растений, что способствует сохранению биоразнообразия и поддержанию экологического баланса. Кроме того, мед и другие продукты, производимые медоносными пчелами, являются важным источником питания для многих животных, таких как медведи, еноты, птицы и др.

Медоносные пчелы имеют огромное экономическое значение для сельского хозяйства и экономики в целом. Они обеспечивают урожайность и качество многих культурных растений, что является важным источником дохода для многих стран. Например, в США вклад медоносных пчел в экономику оценивается в 15 млрд долл. в год [16], а в Китае – в 60 млрд долл. в год [17]. Кроме того, мед и другие продукты, производимые медоносными пчелами, являются важным источником дохода для пчеловодов и других предпринимателей.

Несмотря на очевидную важность пчеловодства как отрасли сельского хозяйства, оно не интегрировано в повестку устойчивого развития. Одной из главных причин этого является недостаточная осведомленность общественности и правительственных органов о роли медоносных пчел в сельском хозяйстве и экосистемах. Кроме того, существует относительно низкий уровень поддержки со стороны правительственных органов в отношении пчеловодства. Многие страны не имеют законодательства, регулирующего пчеловодство, и не предоставляют достаточной финансовой поддержки для развития отрасли.

Еще одной причиной низкой интеграции пчеловодства в повестку устойчивого сельского хозяйства является отсутствие экономических стимулов для инвестирования финансовых средств в данную отрасль. Многие фермеры расценивают пчеловодство как дополнительную нагрузку на свое хозяйство.

Таким образом, проведение исследований по интеграции пчеловодства в повестку устойчивого развития является актуальной и практически значимой задачей, обеспечивающей сохранение экосистем и обеспечение устойчивого развития нашей планеты.

Целью представленной работы является анализ влияния глобального изменения климата на устойчивость пчеловодства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной работе применялись монографический метод, а также методы анализа, систематизации, сравнения, обобщения. Поиск источников данных осуществлялся в научных электронных библиотеках и поисковых системах: eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus, портале ResearchGate.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из наиболее заметных явлений, которые происходят в растительном мире под действием климатических изменений, является сдвиг сезона цветения растений. Согласно исследованиям, проведенным в разных регионах мира, сдвиг сезона цветения растений наблюдается практически повсеместно. Исследование, проведенное в США, показало, что сезон цветения растений начинается на 5–6 дней раньше, чем 50 лет назад [18]. В Европе также наблюдается сдвиг сезона цветения. Например, исследование, проведенное в Германии, показало,

что сезон цветения растений начинается на 3–4 дня раньше, чем 30 лет назад [19]. В Испании сдвиг сезона цветения составляет до 30 дней [20]. Одним из негативных последствий сдвига сезона цветения растений является несоответствие периода цветения растений и периода активности опылителей. Исследование, проведенное в Великобритании, показало, что сдвиг сезона цветения растений на 11 дней приводит к снижению опыляемости на 5% [21]. Это может привести к снижению урожая и ухудшению качества плодов.

Кроме того, сдвиг сезона цветения может повлиять на распределение видов растений в экосистемах. Некоторые растения могут начинать цвести раньше, чем другие, что может привести к изменению конкуренции между видами и изменению биоразнообразия в экосистеме. Исследование, проведенное в Швеции, показало, что сдвиг сезона цветения на 10 дней приводит к изменению состава растительного сообщества на 20% [22].

Глобальное потепление может оказывать негативное влияние на пчел в различных аспектах их жизненного цикла. Например, увеличение температуры на 1ºС приводит к сокращению продолжительности жизни пчел-мегахилидов (Hymenoptera, Megachilidae) на 4 дня [23]. Это связано с тем, что высокая температура ускоряет метаболизм пчел, что приводит к ускоренному старению и сокращению продолжительности жизни.

Кроме того, увеличение температуры может сократить период деятельности пчел. Например, исследование, проведенное в Швейцарии, показало, что увеличение температуры на 1ºС приводит к сокращению периода деятельности пчел на 1–2 дня [24]. Это может снизить численности пчел и соответственно опыляемость растений.

Некоторые исследования показывают, что увеличение температуры может влиять на поведение медоносных пчел. Например, исследование, проведенное в США, показало, что увеличение температуры на 3ºС приводит к снижению активности пчел на 6% и ухудшению качества опыления растений на 30% [25]. Кроме того, изменение температуры может влиять на ориентацию пчел и их способность находить пищу, что также может привести к снижению численности пчел и ухудшению опыления растений.

Однако необходимо отметить, что глобальное потепление может оказывать и положительное влияние на медоносных пчел. Исследования показывают, что увеличение температуры может привести к росту численности пчел в некоторых регионах. Например, исследование, проведенное в Швеции, показало, что увеличение температуры на 1ºС обусловливает повышение численности пчел на 10–15% [26]. Кроме того, увеличение температуры может способствовать росту медоносных растений и улучшению качества меда. Исследование, проведенное в Австралии, показало, что возрастание температуры на 1ºС приводит к увеличению содержания сахара в меде на 1,4% [27].

Недостаток воды в почве и снижение количества осадков влияют на качество пищи для пчел. Исследование, проведенное в Новой Зеландии, показало, что снижение количества осадков на 10% приводит к снижению массы тела рабочих пчел на 2,5% [28]. Это связано с тем, что сухие условия снижают количество цветочного нектара, доступного для пчел. В свою очередь, это приводит к тому, что пчелы получают меньше углеводов и не могут производить достаточное количество меда.

Кроме того, снижение количества осадков влияет на продолжительность цветения многих растений. Исследования показывают, что в некоторых регионах уменьшение количества осадков приводит к сокращению периода цветения растений на 1–2 недели [29]. Это может привести к тому, что пчелы не могут получить достаточное количество пищи, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на их здоровье и продуктивности. Исследование, проведенное в Центральной Европе, показало, что снижение количества осадков на 20% приводит к снижению медосбора на 50% [30]. Это является серьезной угрозой не только для пчел, но и для сельского хозяйства в целом.

Однако необходимо отметить, что влияние атмосферных осадков на медоносных пчел может различаться в зависимости от географического местоположения. Например, в регионах с высокими показателями осадков уменьшение количества осадков может оказывать меньшее

влияние на пчел, чем в регионах со средним или низким уровнем осадков.

Глобальное изменение климата оказывает существенное влияние и на распространение заболеваний медоносных пчел. Например, в исследовании, проведенном в Швейцарии, было обнаружено, что увеличение средней температуры воздуха и снижение количества осадков влияют на распространение нозематоза у пчел. Было выявлено, что увеличение средней температуры на 1ºС приводит к увеличению вероятности инфицирования нозематозом на 27%, а снижение количества осадков на 10% увеличивает вероятность инфицирования на 15% [31].

Кроме того, глобальное изменение климата может влиять на распространение других заболеваний медоносных пчел, таких как вирусные и грибковые инфекции. В исследовании, проведенном в США, было показано, что увеличение количества дней с температурой воздуха выше 30ºС может приводить к увеличению численности вредоносного грибка *Ascosphaera apis*, который вызывает гниль пчелиных личинок [32].

Глобальные изменения климата оказывают негативное влияние также на распространенность вредителей медоносных пчел.

Varroa destructor является одним из наиболее распространенных и опасных паразитов, вызывая инвазионное заболевание варрооз у медоносных пчел и причиняя значительный ущерб мировому пчеловодству. Недавние исследования показывают, что глобальное потепление может оказывать существенное влияние на распространение и воздействие этого вредителя. Высокие температуры способствуют быстрому его размножению, что может привести к увеличению численности клеща в колониях пчел [33]. В исследовании, проведенном в Испании, была выявлена связь между средней температурой воздуха и количеством клещей *V. destructor* на пчелах. Было показано, что при температуре воздуха выше 25ºС, количество клещей на пчелах увеличивается [34].

Длительные периоды жары могут приводить к снижению иммунитета медоносных пчел, что делает их более уязвимыми для инфекций, передаваемых *V. destructor*. Кроме того, изменение климата может влиять на распространение этого паразита в различных регионах мира. Например, некоторые исследования показывают, что увеличение температуры воздуха может способствовать распространению этого вредителя в регионах, где ранее он не был обнаружен [35].

Другим распространенным вредителем медоносных пчел является восковая моль, которая поражает восковые ячейки пчел и может привести к снижению продуктивности пчел и ухудшению качества меда. Исследование, проведенное в США, показало, что увеличение температуры воздуха на 2°С может привести к возрастанию численности восковой моли на 149% [36].

Муравьи также могут причинять серьезный ущерб медоносным пчелам и пчеловодству в целом. Муравьи воруют мед и продукты пчеловодства, причиняют ущерб личинкам и яйцам медоносных пчел, используя их в пищу в качестве источника белков.

Одним из наиболее распространенных вредителей медоносных пчел является рыжая мирмика (*Myrmica rubra*). Исследования показывают, что уровень воровства меда данными муравьями может достигать 77% в некоторых пчелиных ульях [37]. В случае повышения температуры воздуха отмечается рост численности колоний данных муравьев, а также увеличение скорости поиска пищи и воровства меда у медоносных пчел [38].

Другим распространенным вредителем медоносных пчел является красный огненный муравей (*Solenopsis invicta*). Этот вид муравьев может атаковать ульи и пчел, а также причинять ущерб сотам и другим продуктам пчеловодства. Исследования показали, что данные муравьи могут причинить США ущерб на сумму до 1 млн долл. в год [39]. Повышение температуры воздуха может приводить к увеличению численности данных муравьев и их распространения. Исследование, проведенное в США, показало, что повышение температуры воздуха на 2°С может привести к расширению ареала красных огненных муравьев на 21% [40].

Исследование, проведенное в Китае, показало, что изменение климата может привести к увеличению численности *Braula coeca* (вошь пчелиная). В частности, увеличение темпера-

туры воздуха на 1°С может привести к росту численности насекомых на 4,6% [41].

Климатические изменения могут оказать непосредственное влияние на выживаемость медоносных пчел. Например, повышение температуры воздуха может привести к снижению выживаемости личинок, а также уменьшению количества рабочих пчел в колонии [42]. Согласно исследованию, опубликованному в журнале «Global Change Biology» в 2015 г., увеличение температуры воздуха на 1ºС может снизить выживаемость личинок пчел на 8% [43].

Исследование, опубликованное в «Journal of Insect Physiology» в 2014 г., показало, что при повышении температуры на 2–3°С в среднем на 10% снижается яйценоскость маток [44]. Исследование, опубликованное в журнале «Journal of Apicultural Research» в 2015 г., показало, что при повышении температуры на 2°С выживаемость личинок пчел снижается на 33% [45]. Исследование, опубликованное в журнале «Scientific Reports» в 2017 г., показало, что высокие температуры могут повысить уровень метаболизма пчел, что может привести к уменьшению количества ресурсов, доступных для выращивания личинок, и ухудшению качества питания [46].

ВЫВОДЫ

1. Глобальное изменение климата несет за собой негативное влияние на медоносных пчел, оказывая как прямое влияние на колонии пчел, так и косвенное, воздействуя на кормовую базу и вредителей. Это может повлечь за собой снижение валовых сборов меда и других продуктов пчеловодства, а также увеличение затрат пчеловодов на уход за пчелами, в том числе на препараты для защиты от вредителей и болезней, а также на покупку или производство дополнительных кормов.

2. Важно проводить дальнейшие исследования в области влияния глобального изменения климата на медоносных пчел, что позволит разработать более эффективные приемы содержания и защиты пчел, а также меры уменьшения негативных последствий изменения климата на их жизненный цикл.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Climate* Change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation // Organization for Economic Co-operation and Development. – Paris: OECD Publishing. – 2016. – 140 p.
2. *The State* of Food and Agriculture 2018 [Электронный ресурс] // Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome: FAO, 2018. – URL: https://www.fao.org/documents/card/en?details=I9549EN/ (дата обращения: 15.03.2023).
3. *Water* scarcity: A global problem [Электронный ресурс] / World Health Organization, 2019. – URL: https://www.who.int/water_sanitation_health/global-strategy/en/ (дата обращения: 16.03.2023).
4. *Папаскири Т.В.* Роль землеустройства и землеустроительного образования в обеспечении продовольственной безопасности страны // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 65. – С. 52–59.
5. *Митрофанов С.В.* Роль агрохимического обеспечения в переходе к устойчивой модели растениеводства // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: материалы II Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти д-ра техн. наук, проф. Николая Владимировича Бышова (Рязань, 24 нояб. 2022 г.). – Рязань: Рязан. гос. агротехнол. ун-т им. П.А. Костычева, 2022. – С. 59–65.
6. *Singh K., Singh R.* Impact of chemical fertilizers on soil and environment // International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. – 2013. – Vol. 6 (4). – P. 527–535.
7. *Pesticide* residue pollution in agricultural soils and its potential risks to public health in Central China / Y. Zhang, X. Zhang, X. Liu [et al.] // Environmental Pollution. – 2018. – Vol. 236. – P. 818–824.
8. *Pesticide* Residue Monitoring Program FY 2017 [Электронный ресурс] / Department of Health and Human Services and Centers for Disease Control and Prevention, 2019. – URL: https://www.ewg.org/foodnews/summary.php (дата обращения: 18.03.2023).
9. *Bommarco R., Kleijn D., Potts S.G.* Sustainable agriculture: definitions and terms // International Journal of Agricultural Sustainability. – 2013. – Vol. 11(4). – P. 357–371.

10. *Wild* pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance / L.A. Garibaldi, I. Steffan-Dewenter, R. Winfree [et al.] // Science. – 2013. – Vol. 339(6127). – P. 1608–1611.
11. *Самсонова И.Д., Плахова А.А.* Зональные особенности биоэкологических свойств и медовой продуктивности видов семейства Onagraceae Juss. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 97–103. – DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-97-103.
12. *Positive* indirect effects of plant-pollinator diversity on associated herbivores / D. García, R. Zamora, G.C. Amico [et al.] // Sci Rep. – 2019. – Vol. 9(1). – P. 1–14. – DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-019-50636-5.
13. *Global* Biodiversity Outlook 3 [Электронный ресурс] / UN CBD. – 2010. – URL: https://www.cbd.int/gbo3/ (дата обращения: 20.03.2023).
14. *The assessment* report on pollinators, pollination and food production [Электронный ресурс] / IPBES, 2016. – URL: https://www.ipbes.net/assessment-reports/pollinators-pollination-food-production (дата обращения: 11.04.2023).
15. *Importance* of pollinators in changing landscapes for world crops [Электронный ресурс] / A. M. Klein, B.E. Vaissière, J.H. Cane [et al.] // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2007. – Vol. 274 (1608). – P. 303–313. – URL: https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721 (дата обращения: 12.04.2023).
16. *Calderone N.W.* Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992-2009 [Электронный ресурс] / PLoS one. – 2012. – Vol. 7 (5). – URL: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037235 (дата обращения: 15.04.2023).
17. *Safeguarding* pollinators and their values to human well-being [Электронный ресурс] / S.G. Potts, V. Imperatriz-Fonseca, H.T. Ngo [et al.] // Nature. – 2016. – Vol. 540 (7632). – P. 220–229. – URL: https://doi.org/10.1038/nature20588 (дата обращения: 15.04.2023).
18. *Warming* experiments underpredict plant phenological responses to climate change / E.M. Wolkovich, B.I. Cook, J.M. Allen [et al.] // Nature. – 2012. – Vol. 485 (7399). – P. 494–497. – DOI: 10.1038/nature11014.
19. *European* phenological response to climate change matches the warming pattern / A. Menzel, T.H. Sparks, N. Estrella [et al.] // Global Change Biology. – 2006. – Vol. 12(10). – P. 1969-1976. – DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.
20. *Climate* change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four locations in Spain / E. Amanatidou, J.M. Morales, B. Viñegla [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. – 2014. – Vol. 195–196. – P. 148–155. – DOI: 10.1016/j.agrformet.2014.05.005.
21. *How* does climate warming affect plant-pollinator interactions? / S.J. Hegland, A. Nielsen, A. Lazaro [et al.] // Ecology Letters. – 2009. – Vol. 12 (2). – P. 184–195. – DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x.
22. *European* phenological response to climate change matches the warming pattern / A. Menzel, T.H. Sparks, N. Estrella [et al.] // Global change biology. – 2006. – Vol. 12 (10). – P. 1969–1976. – DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.
23. *Kovac H., Schröder K., Dorn S.* Effects of temperature on the life history and demographic parameters of the solitary bee *Osmia bicornis* (Hymenoptera: Megachilidae) // Apidologie. – 2014. – Vol. 45 (1). – P. 29–39. – DOI: 10.1007/s13592-013-0239-5.
24. *Temperature* effects on pollinator activity and pollination services in Swedish oilseed rape / S.A.M. Lindström, L. Herbertsson, M. [et al.] // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2018. – Vol. 251. – P. 23–29. – DOI: 10.1016/j.agee.2017.09.028.
25. *Arthur A.D., Marshall J., Moses R.* Effects of high temperature on foraging behavior of *Apis mellifera* // Journal of Apicultural Research. – 2017. – Vol. 56 (2). – P. 174–181. – DOI: 10.1080/00218839.2016.1264290.
26. *Ollerton J., Winfree R., Tarrant S.* How many flowering plants are pollinated by animals? // Oikos. – 2011. – Vol. 120 (3). – P. 321–326. – DOI: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x.
27. *The winners* and losers of land use intensification: pollinator community disassembly is non-random and alters functional diversity / R. Rader, I. Bartomeus, J.M. Tylianakis [et al.] // Diversity and distributions. – 2016. – Vol. 22 (6). – P. 626–637. – DOI: 10.1111/ddi.12426.
28. *Morse R.A., Calderone N.W., Theilmann R.N.* Influence of moisture stress on honey bee colony weight and carbohydrate levels // Journal of Apicultural Research. – 1988. – Vol. 27 (1). – P. 18–24. – DOI: 10.1080/00218839.1988.11100814.

29. *Linking* bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? / S.G. Potts, B. Vulliamy, A. Dafni [et al.] // Ecology. – 2003. – Vol. 84 (10). – P. 2628–2642. – DOI: 10.1890/02-0433.
30. *Hendriksma H.P., Poot N.* Maternal effects of drought stress on offspring performance in solitary bees // Oecologia. – 2010. – Vol. 162 (4). – P. 773–781. – DOI: 10.1007/s00442-009-1529-8.
31. *Disease* associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators / M.A. Fürst, D.P. McMahon, J.L. Osborne [et al.] // Nature. – 2014. – Vol. 506 (7488). – P. 364–366. – DOI: 10.1038/nature12977.
32. *Meana A., Llorens-Picher M., Miranda-Chueca M.A.* Occurrence of *Ascosphaera apis* in *Apis mellifera* colonies in the United States // Journal of Apicultural Research. – 2019. – Vol. 58 (5). – P. 701–706. – DOI: 10.1080/00218839.2019.1665274.
33. *Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B.* Biology and control of *Varroa destructor* // Journal of invertebrate pathology. – 2010. – Vol. 103. – P. 96–119. – DOI: 10.1016/j.jip.2009.07.016.
34. *Short-term* effects of temperature on the population size and invasion of *Varroa destructor* in honeybee colonies / E. Garrido-Bailon, R. Martin-Hernandez, C. Botias [et al.] // Parasitology research. – 2016. – Vol. 115 (3). –P. 827–832. – DOI: 10.1007/s00436-015-4828-6.
35. *Fries I., Camazine S., Sneyd J.* Population dynamics of *Varroa destructor* in honey bee colonies treated with flumethrin // Journal of economic entomology. – 2006. – Vol. 99 (4). – P. 1165–1171. – DOI: 10.1093/jee/99.4.1165.
36. *Population* growth of *Varroa destructor* in colonies of *Apis mellifera* during two consecutive honey bee winters / Y. Le Conte, G. Arnold, J. Trouiller [et al.] // Bulletin of Insectology. – 2016. – Vol. 69 (2). – P. 255–262.
37. *Fisher M.C., Ghazoul J., Shanahan D.F.* Evaluating the vulnerability of honeybees to agrochemicals, habitat loss and climate change in North-West Europe // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 616. – P. 1628–1638. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.152.
38. *Ellis J.D., Delaplane K.S., Hood W.M.* Effects of temperature on honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging energetic // Journal of economic entomology. – 2016. – Vol. 109 (3). – P. 1008–1013. – DOI: 10.1093/jee/tow044.
39. *Wojcik D.P., Allen C.R., Brenner R.J.* Red imported fire ants: impacts and management strategies in the United States // Annual Review of Entomology. – 2001. – Vol. 46 (1). – P. 573-593. – DOI: 10.1146/annurev.ento.46.1.573.
40. *Porter S.D., Williams D.F., Gold R.E.* Impact of the Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae) on Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*) Chicks // Journal of Economic Entomology. – 1997. – Vol. 90 (3). – P. 741–746. – DOI: 10.1093/jee/90.3.741.
41. *The impact* of climate change on the distribution and abundance of *Braula coeca (*Diptera: Braulidae) in China / Y. Liu, X. Zhou, Y. Mao [et al.] // Journal of Insect Science. – 2018. – Vol. 18 (2). – DOI: 10.1093/jisesa/iey017.
42. *Honey* bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements / G. DeGrandi-Hoffman, Y. Chen, A.J. Riveros [et al.] // Apidologie. – 2010. – Vol. 41 (1). – P. 62–72. – DOI: 10.1051/apido/2009061.
43. *Kovac H., Crailsheim K., Brodschneider R.* Climate change and the timing of spring in the bee-flower association: a phenological mismatch // Journal of Global Change Biology. – 2015. – Vol. 21 (12). – P. 4334–4341. – DOI: 10.1111/gcb.13074.
44. *Effects* of high temperature on the egg-laying ability of queen honeybees (*Apis mellifera* L.) / Y.S. Peng, Y. Fang, S. Xu [et al.] // Journal of insect physiology. – 2014. – Vol. 60. – P. 65–72. – DOI: 10.1016/j.jinsphys.2013.11.007.
45. *Impact* of seasonal factors and *Varroa destructor* infestation on the development and survival of honey bee colonies / J.Y. Wu, M.D. Smart, C.M. Anelli [et al.] // Apidologie. – 2015. – Vol. 46 (6). – P. 692–701. – DOI: 10.1007/s13592-015-0359-4.
46. *Kovac H., Schreurs J., Brodschneider R.* Impact of high temperature on the energetic state of honeybees (*Apis mellifera*) // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7 (1). – DOI: 10.1038/s41598-017-11337-3.

REFERENCES

1. Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation, *Organization for Economic Co-operation and Development*, Paris: OECD Publishing, 2016, 140 p.
2. The State of Food and Agriculture 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 2018, available at: https://www.fao.org/documents/card/en?details=I9549EN/.
3. Water scarcity: A global problem, *World Health Organization*, 2019, available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/global-strategy/en/.
4. Papaskiri T.V., *Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya*, 2023, Vol. 65, pp. 52–59. (In Russ.).
5. Mitrofanov S.V., *Materialy II Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj pamyati doktora tekhnicheskih nauk, professora Nikolaya Vladimirovicha Byshova*, Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva, 2022, pp. 59–65. (In Russ.).
6. Singh K., Singh R., Impact of chemical fertilizers on soil and environment, *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 2013, Vol. 6(4), pp. 527–535.
7. Zhang Y., Zhang X., Liu X., Zhang F., Pesticide residue pollution in agricultural soils and its potential risks to public health in Central China, *Environmental Pollution*, 2018, Vol. 236, pp. 818–824.
8. Pesticide Residue Monitoring Program FY 2017, *Department of Health and Human Services and Centers for Disease Control and Prevention*, 2019, available at: https://www.ewg.org/foodnews/summary.php.
9. Bommarco R., Kleijn D., Potts S.G., Sustainable agriculture: definitions and terms, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 2013, Vol. 11 (4), pp. 357–371.
10. Garibaldi L.A., et al., Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance, *Science*, 2013, Vol. 339 (6127), pp. 1608–1611.
11. Samsonova I.D., Plahova A.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, Vol. 2 (63), pp. 97–103, DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-97-103 (In Russ.).
12. Garcia D., et al., Positive indirect effects of plant-pollinator diversity on associated herbivores, *Sci Rep.*, 2019, Vol. 9 (1), pp. 1–14, DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-019-50636-5.
13. Global Biodiversity Outlook 3. UN CBD, 2010, available at: https://www.cbd.int/gbo3/.
14. The assessment report on pollinators, pollination and food production, *IPBES*, 2016, available at: https://www.ipbes.net/assessment-reports/pollinators-pollination-food-production.
15. Klein A.M., et al., Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007, Vol. 274 (1608), pp. 303–313, available at: https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721.
16. Calderone N.W., Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992-2009, *PloS one*, 2012, Vol. 7 (5), available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037235.
17. Potts S.G., et al., Safeguarding pollinators and their values to human well-being, *Nature*, 2016, Vol. 540 (7632), pp. 220–229, available at: https://doi.org/10.1038/nature20588.
18. Wolkovich E.M., et al, Warming experiments underpredict plant phenological responses to climate change, *Nature*, 2012, Vol. 485 (7399), pp. 494–497, DOI: 10.1038/nature11014.
19. Menzel A., et al., European phenological response to climate change matches the warming pattern, *Global Change Biology*, 2006, Vol. 12 (10), pp. 1969–1976, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.
20. Amanatidou E., Morales J.M., Viñegla B., Rodrigo F.S., Climate change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four locations in Spain, *Agricultural and Forest Meteorology*, 2014, Vol. 195–196, pp. 148–155, DOI: 10.1016/j.agrformet.2014.05.005.
21. Hegland S.J., et al., How does climate warming affect plant-pollinator interactions?, *Ecology Letters*, 2009, Vol. 12 (2), pp. 184–195, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x.
22. Menzel A., et al., European phenological response to climate change matches the warming pattern, *Global change biology*, 2006, Vol. 12 (10), pp. 1969–1976, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x.
23. Kovac H., Schröder K., Dorn S., Effects of temperature on the life history and demographic parameters of the solitary bee *Osmia bicornis* (Hymenoptera: Megachilidae), *Apidologie*, 2014, Vol. 45 (1), pp. 29–39, DOI: 10.1007/s13592-013-0239-5.

24. Lindström S.A.M., Herbertsson L., Rundlöf M., Smith H.G., Temperature effects on pollinator activity and pollination services in Swedish oilseed rape, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2018, Vol. 251, pp. 23–29, DOI: 10.1016/j.agee.2017.09.028.
25. Arthur A.D., Marshall J., Moses R., Effects of high temperature on foraging behavior of *Apis mellifera*, *Journal of Apicultural Research*, 2017, Vol. 56 (2), pp. 174–181, DOI: 10.1080/00218839.2016.1264290.
26. Ollerton J., Winfree R., Tarrant S., How many flowering plants are pollinated by animals?, *Oikos,* 2011, Vol. 120 (3), pp. 321–326, DOI: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x.
27. Rader R., Bartomeus I., Tylianakis J. M., Laliberte E., The winners and losers of land use intensification: pollinator community disassembly is non-random and alters functional diversity, *Diversity and distributions*, 2016, Vol. 22 (6), pp. 626–637, DOI: 10.1111/ddi.12426.
28. Morse R.A., Calderone N.W., Theilmann R.N., Influence of moisture stress on honey bee colony weight and carbohydrate levels, *Journal of Apicultural Research*, 1988, Vol. 27 (1), pp. 18–24, DOI: 10.1080/00218839.1988.11100814.
29. Potts S.G., et al., Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities?, *Ecology*, 2003, Vol. 84 (10), pp. 2628–2642, DOI: 10.1890/02-0433.
30. Hendriksma H.P., Poot N., Maternal effects of drought stress on offspring performance in solitary bees, *Oecologia*, 2010, Vol. 162 (4), pp. 773–781, DOI: 10.1007/s00442-009-1529-8.
31. Fürst M.A., et al., Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators, *Nature*, 2014, Vol. 506 (7488), pp. 364–366, DOI: 10.1038/nature12977.
32. Meana A., Llorens-Picher M., Miranda-Chueca M.A., Occurrence of *Ascosphaera apis* in *Apis mellifera* colonies in the United States, *Journal of Apicultural Research*, 2019, Vol. 58(5), pp. 701–706, DOI: 10.1080/00218839.2019.1665274.
33. Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B., Biology and control of *Varroa destructor*, *Journal of invertebrate pathology*, 2010, Vol. 103, pp. 96–119, DOI: 10.1016/j.jip.2009.07.016.
34. Garrido-Bailon E., et al., Short-term effects of temperature on the population size and invasion of *Varroa destructor* in honeybee colonies, *Parasitology research*, 2016, Vol. 115 (3), pp. 827–832, DOI: 10.1007/s00436-015-4828-6.
35. Fries I., Camazine S., Sneyd J., Population dynamics of *Varroa destructor* in honey bee colonies treated with flumethrin, *Journal of economic entomology*, 2006, Vol. 99 (4), pp. 1165–1171, DOI: 10.1093/jee/99.4.1165.
36. Le Conte Y., et al., Population growth of *Varroa destructor* in colonies of *Apis mellifera* during two consecutive honey bee winters, *Bulletin of Insectology*, 2016, Vol. 69 (2), pp. 255–262.
37. Fisher M.C., Ghazoul J., Shanahan D.F., Evaluating the vulnerability of honeybees to agrochemicals, habitat loss and climate change in North-West Europe, *Science of the Total Environment*, 2018, Vol. 616, pp. 1628–1638, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.152.
38. Ellis J.D., Delaplane K.S., Hood W.M., Effects of temperature on honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging energetic, *Journal of economic entomology*, 2016, Vol. 109(3), pp. 1008-1013, DOI: 10.1093/jee/tow044.
39. Wojcik D.P., Allen C.R., Brenner R.J. Red imported fire ants: impacts and management strategies in the United States, *Annual Review of Entomology*, 2001, Vol. 46(1), pp. 573-593, DOI: 10.1146/annurev.ento.46.1.573.
40. Porter S.D., Williams D.F., Gold R.E. Impact of the Imported Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae) on Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*) Chicks, *Journal of Economic Entomology*, 1997, Vol. 90 (3), pp. 741–746, DOI: 10.1093/jee/90.3.741.
41. Liu Y., Zhou X., Mao Y., Hao J. The impact of climate change on the distribution and abundance of *Braula coeca (*Diptera: Braulidae) in China, *Journal of Insect Science*, 2018, Vol. 18 (2), DOI: 10.1093/jisesa/iey017.
42. DeGrandi-Hoffman G., et al., Honey bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements, *Apidologie*, 2010, Vol. 41 (1), pp. 62–72, DOI: 10.1051/apido/2009061.
43. Kovac H., Crailsheim K., Brodschneider R., Climate change and the timing of spring in the bee-flower association: a phenological mismatch, *Journal of Global Change Biology*, 2015, Vol. 21 (12), pp. 4334–4341, DOI: 10.1111/gcb.13074.
44. Peng Y.S., Fang Y., Xu S., Ge L., Effects of high temperature on the egg-laying ability of queen honeybees (*Apis mellifera* L.), *Journal of insect physiology*, 2014, Vol. 60, pp. 65–72, DOI: 10.1016/j.jinsphys.2013.11.007.
45. Wu J.Y., et al., Impact of seasonal factors and *Varroa destructor* infestation on the development and survival of honey bee colonies, *Apidologie*, 2015, Vol. 46 (6), pp. 692–701, DOI: 10.1007/s13592-015-0359-4.
46. Kovac H., Schreurs J., Brodschneider R., Impact of high temperature on the energetic state of honeybees (*Apis mellifera*), *Scientific Reports*, 2017, Vol. 7 (1), DOI: 10.1038/s41598-017-11337-3.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-230-236
УДК 636.934.571

ВЛИЯНИЕ ПОВЕДЕНИЯ И УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ НА ЗАТРАТЫ КОРМА У МОЛОДНЯКА АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ STANDARD DARK BROWN

М.А. Некрасова, исследователь
М.А. Степанова, аспирант
З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Ключевые слова: американская норка клеточного содержания, *Neovison vison*, парное и индивидуальное содержание, оборонительная реакция на человека, затраты корма на единицу прироста тела.

Реферат. *Исследование продолжает тему изучения роли среды и поведения в формировании продуктивности пушных зверей клеточного содержания. Во взаимоотношениях «человек–животное» показано преимущество зверей с умеренно-агрессивным поведением в затратах корма на единицу прироста тела в период роста и развития как при парном, так и при индивидуальном содержании. Парное выращивание растущего молодняка норки более затратное в сравнении с содержанием индивидуальным, поскольку оно, как было показано ранее, является достаточно стрессирующим. В этих условиях перестройка поведения в процессе отбора американской норки по оборонительной реакции на человека сопровождается резким увеличением изменчивости по многим признакам, в данном случае, затратам корма на единицу прироста массы тела в период роста и развития, которые, казалось бы, с поведением непосредственно не связаны. Работа выполнялась на экспериментальной звероферме Института цитологии и генетики СО РАН. В исследование были взяты норки генотипа Standard dark brown (+/+). Основным критерием оценки являлись затраты корма на единицу прироста массы тела. В ходе исследования было установлено, что при парном разнополом содержании наименьшие затраты корма – у самцов с умеренно-агрессивным типом поведения (34,80±1,20 г). У самок ручного типа поведения отмечаются максимальные затраты корма на единицу прироста массы тела (95,60±8,90 г). У самок агрессивного типа затраты корма ниже, чем у самок ручного типа поведения (32,30±0,03 и 35,40±1,00 г). Индивидуальное содержание молодняка американской норки способствует более эффективному использованию кормов и у самцов, и у самок как агрессивного, так и ручного типа поведения.*

INFLUENCE OF BEHAVIOR AND CONDITIONS ON FEED COSTS OF YOUNG AMERICAN MINK STANDARD DARK BROWN

M.A. Nekrasova, Researcher
M.A. Stepanova, PhD student
Z.N. Alekseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Keywords: caged American mink, Neovison vison, pair, individual housing, defensive reaction to humans, food consumption per unit of body growth.

Abstract. *The study continues the theme of studying the role of environment and behavior in shaping the productivity of caged fur-bearing animals. In the "human-animal" relationship, the advantage of animals with moderately aggressive behavior in the cost of food per unit of body growth during growth and development is shown in pairs and individually. Pair rearing of growing young mink is more expensive than individual rearing since it, as previously shown, is entirely stressful. Under these conditions, the restructuring of behavior in the process of selection of the American mink for a defensive reaction to humans is accompanied by a sharp increase in variability in many traits, in this case, food consumption per unit of body weight gain during the period of growth and development, which, it would seem, are not directly related to behavior. The work was carried out at the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences experimental fur farm. The genotypes used in the study were Standard Dark Brown (+/+) mink. The main evaluation criterion is the feed cost per unit of body weight gain. The study found that when kept in mixed-sex pairs, the lowest feed costs*

were found in males with moderately aggressive behavior (34.80 ± 1.20 g). In the most tame type, the maximum feed consumption per unit of body weight gain is noted (95.60 ± 8.90 g). Food consumption is lower in the most aggressive type than in the tamest behavior (32.30±0.03 and 35.40±1.00 g). Individual keeping of young American mink ensures more efficient use of food in both males and females of aggressive and tame behavior.

Поиск путей улучшения товарных свойств пушно-меховой продукции при одновременном снижении ее себестоимости заставляет продолжать тему изучения роли среды и поведения в системе «человек–животное» [1–5]. Проведенное исследование предусматривало получить ответ: как влияет на затраты обменной энергии корма на единицу прироста тела не только система содержания, но и поведение животных. В практике как отечественного, так и зарубежного норководства используется содержание растущего молодняка норок по одному, по два и даже по три-четыре зверя в одной клетке [6–10].

Целью нашего эксперимента являлась сравнительная оценка парного и индивидуального содержания растущего молодняка американской норки как самцов, так и самок генотипа Standard dark brown (+/+). В соответствии с этим решались следующие задачи:

1. Оценить затраты корма на единицу прироста массы тела у самцов и самок разного типа поведения при парном разнополом содержании.

2. Оценить затраты корма на единицу прироста массы тела у самцов и самок разного типа поведения при индивидуальном содержании.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнялась на экспериментальной звероферме Института цитологии и генетики СО РАН на растущем молодняке американской норки генотипа Standard dark brown (+/+) 25-го поколения селекции на агрессивное и ручное поведение (рис. 1), разделенном после отсадки от матерей 1 июля 2022 г. на 6 групп: 1-я группа – самцы агрессивные (при содержании в клетке по одному), 2-я группа – самки агрессивные (при содержании в клетке по одному), 3-я группа – самцы ручные (при содержании в клетке по одному), 4-я группа – самки ручные (при содержании в клетке по одному), 5-я группа – самцы агрессивные + самки агрессивные (при парном содержании), 6-я группа – самцы ручные + самки ручные (при парном содержании) (таблица) [11].

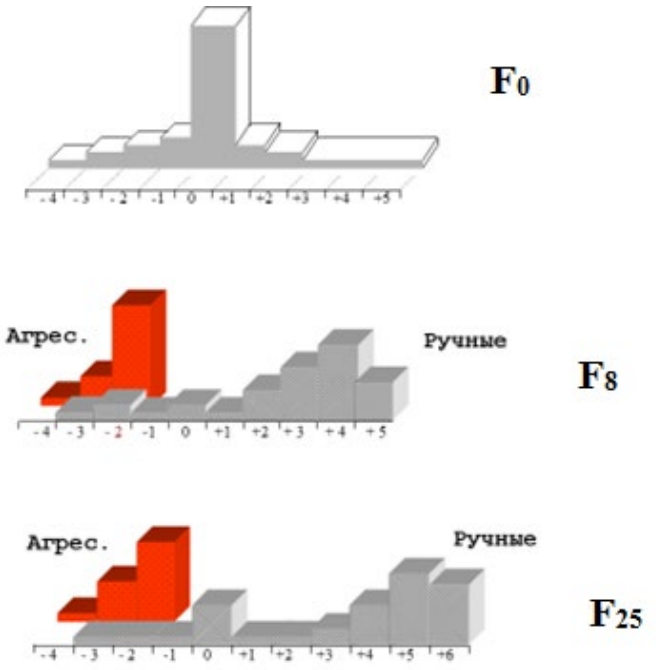


Рис. 1. Результаты селекционного преобразования поведения американской норки за 25 поколений отбора [12]
Results of selective transformation of American mink behavior according to 25 selection criteria [12]

Экспериментальные группы животных, сформированные по полу, поведению и условиям содержания
Experimental groups of animals, formed by gender, behavior and conditions of detention

Условия содержания	Пол, поведение	Количество животных	Потребление корма по периодам роста и развития, ккал обменной энергии*			
			2–3 месяца	3–4 месяца	4–5 месяцев	5–6 месяцев
			270	330	350	340
			Выдано корма в сутки, ккал обменной энергии			
Парное	♂♂ агрессивные	73	300	350	400	400
	♀♀ агрессивные	73	200	250	300	300
	♂♂ ручные	53	300	350	400	400
	♀♀ ручные	53	200	250	300	300
Индивидуальное	♂♂ агрессивные	258	300	350	400	400
	♀♀ агрессивные	261	200	250	300	300
	♂♂ ручные	52	300	350	400	400
	♀♀ ручные	61	200	250	300	300

* 100 ккал обменной энергии в 100 г кормовой смеси.

Все экспериментальные группы животных получали корм ad libitum по единому рациону в соответствии с рекомендуемыми нормами (%) [13]: субпродукты 2-й категории – 25, субпродукты костные, позвоночник, ребра с прирезью мяса, ноги говяжьи (паленые, промытые) – 10, мясокостный остаток куриный – 50, пшеница экструдированная – 10, жир свободный – 5. Витамины на 1 голову в сутки: А – 2000 МЕ, B_1 – 1 мг, B_2 – 1 мг, фолиевая кислота – 0,4 мг, аскорбиновая кислота – 10 мг, холин хлорид – 10 мг. Корм выдавался один раз в сутки во второй половине дня. Учет количества съеденного животными корма регистрировался ежедневно весь период с момента отсадки от матерей (1 июля) до достижения размеров взрослого зверя (последние числа октября).

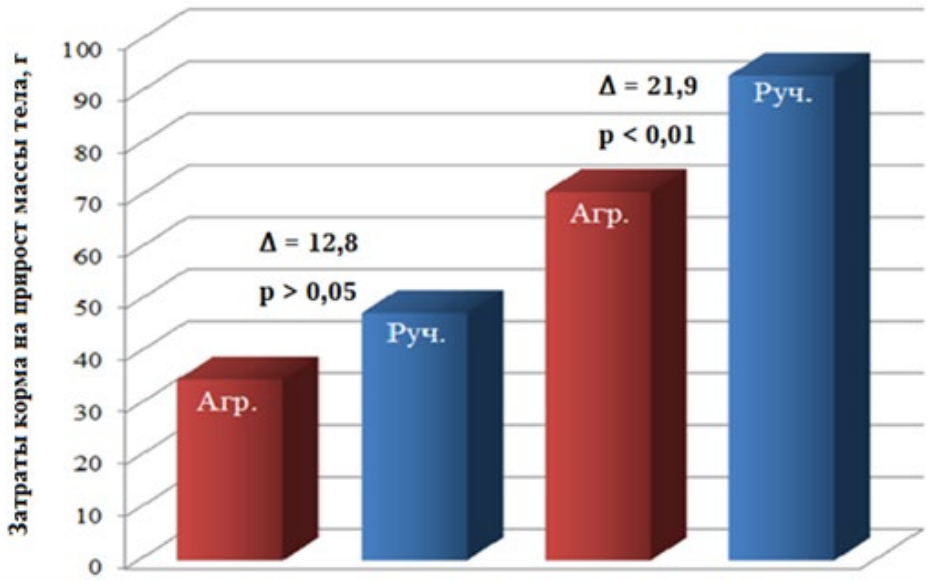
Статистическая обработка данных проводилась с использованием t-критерия Стьюдента с помощью программы STATISTICA 8.0 (Statsoft, USA). Различия между группами считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Численные данные представлены в виде среднего значения плюс–минус стандартное отклонение (SD – standard deviation).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты показывают, что затраты обменной энергии корма на единицу прироста массы тела – это многомерный признак, на который влияют средовые условия содержания, половой диморфизм, тип оборонительной реакции во взаимоотношении «человек–животное». На рис. 2 и 3 проиллюстрировано, что как при одиночном, так и при парном содержании наиболее экономное расходование корма на единицу прироста массы тела в период роста и развития зафиксировано у самцов с умеренно-агрессивным поведением. В то же время даже для них экономически более оправданно индивидуальное содержание: если при парном содержании затраты корма составляют 34,80 ± 1,20 г на 1 г прироста тела, то при одиночном содержании в клетке – 22,80 ± 0,20 ($p < 0,01$).

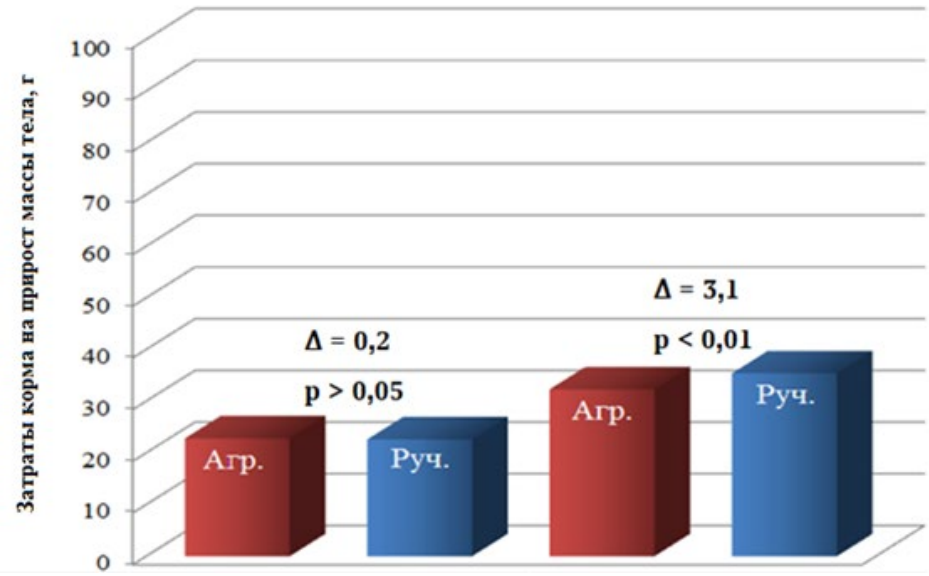
Самое затратное кормление отмечено у самок с ручным поведением в условиях парного содержания: 95,60 ± 8,90 г корма на 1 г прироста тела.

Роль средовых условий при содержании растущего молодняка норок очевидна: содержание по одному в клетке снижает затраты на кормление более чем в 2 раза. Но половой диморфизм при всех условиях содержания сохраняется: самцы достоверно лучше оплачивают корм, чем самки как ручного, так и агрессивного поведения.



Пол	♂♂		♀♀	
Поведение, балл	-2,50 ± 0,06	+5,20 ± 0,30	-2,40 ± 0,05	+4,80 ± 0,30
n	73	53	73	53
M±m	34,80 ± 1,20	47,60 ± 9,10	73,70 ± 5,60	95,60 ± 8,90
Cv	30,1	140,0	64,9	67,9
σ	10,5	66,6	47,8	64,9
Lim	21,7 – 80,6	24,3 – 113,3	37,7 – 365,0	34,8 – 510,0

Рис. 2. Затраты корма на единицу прироста массы тела при парном разнополом содержании в клетке
Feed costs per unit of body weight gain when kept in pairs of different sexes in a cage



Пол	♂♂		♀♀	
Поведение, балл	-2,20 ± 0,03	+5,70 ± 0,30	-2,20 ± 0,03	+4,30 ± 0,20
n	258	52	261	61
M±m	22,80 ± 0,20	22,60 ± 0,60	32,30 ± 0,03	35,40 ± 1,00
Cv	17,1	17,6	17,8	21,7
σ	3,9	4,0	5,7	7,7
Lim	16,1 – 46,2	16,5 – 39,6	20,3 – 54,6	22,3 – 50,8

Рис. 3. Затраты корма на единицу прироста массы тела при индивидуальном содержании в клетке
Feed costs per unit of body weight gain when kept individually in a cage

Проведенное исследование показывает роль средовых условий в увеличении внутрипопуляционной изменчивости по затратам корма на единицу прироста тела у молодняка американской норки в период роста и развития, что проявилось в резком увеличении дисперсии по затратам корма. Как видно из рис. 2, если по всем группам при парном содержании размах изменчивости был в диапазоне от 34,80 ± 1,20 до 95,60 ± 8,90 г (Lim = 50,8), то при индивидуальном содержании он четырехкратно снизился: от 22,80 ± 0,20 до 35,40 ± 1,00 г (Lim = 12,2). Парное выращивание растущего молодняка норки более затратное в сравнении с содержанием индивидуальным, поскольку оно, как было показано ранее, является достаточно стрессирующим фактором среды [14]. В этих условиях перестройка поведения в процессе отбора американской норки по оборонительной реакции на человека сопровождается резким увеличением изменчивости по многим признакам, в данном случае, затратам корма на единицу прироста масса тела в период роста и развития, которые, казалось бы, с поведением непосредственно не связаны. Специфика свойств поведения состоит в том, что системы, регулирующие эти свойства, скоррелированы с системами регуляции онтогенеза, поэтому отбор по ним приводит к дестабилизации данных систем, сопровождающейся глубокими изменениями различных звеньев гормональной и нейромедиаторных систем и корреляционных отношений между ними [15].

В рамках проведенного исследования для объяснения полученных результатов следует обратиться к теории дестабилизирующего отбора академика Д.К. Беляева: «Основу понимания причин, темпа и характера наблюдаемой нами изменчивости надо искать, очевидно, в специфике той функциональной системы, которая непосредственно стала объектом отбора, и состояние которой служило главным критерием селекции животных на самых первых этапах их исторической доместикации» [16].

ВЫВОДЫ

1. Наиболее высокие затраты корма наблюдаются у ручных самок при парном содержании – 95,60 ± 8,90 г корма на 1 г прироста тела.

2. У самцов с умеренно-агрессивным типом поведения зафиксированы наименьшие затраты корма на единицу прироста массы тела при парном (34,80 ± 1,20 г) и при индивидуальном содержании (22,80 ± 0,20 г).

3. Как при индивидуальном, так и при парном содержании у животных сохраняется половой диморфизм: самцы достоверно лучше оплачивают корм, чем самки как ручного, так и агрессивного типа поведения.

4. Индивидуальное содержание молодняка американской норки способствует более эффективному использованию кормов у самцов и у самок как агрессивного, так и ручного типа поведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Clausen T.N., Lassen T.M., Larsen P.F.* Effect of reduced protein in the growth and furring period in 2010 and 2011 in mink // Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production. Copenhagen, Denmark 21-24/08/*2012. IFASA CONGRESS.* August 21-24, *2012*. Copenhagen, Denmark. September 7-10. – Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, 2012. – Vol. 36 (3/4). – P. 47–53.
2. *Растимешина О.В., Демина Т.М.* О возможности селекции норок (*Neovison vison*) на оплату корма // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, № 2. – С. 240–244.
3. *Indirect* genetic effects contribute substantially to heritable variation in aggression-related traits in group-housed mink (*Neovison vison*) / S.W. Alemu, P. Bijma, S.H. Møller, L. Janss, P. Berg // Genetics Selection Evolution. – 2014 – Vol. 46. – P. 1–11.
4. *Hansen S.W., Møller S.H., Damgaard B.M.* Bite marks in mink Induced experimentally and as reflection of aggressive encounters between mink // Applied Animal Behaviour Science. – 2014. – Vol. 158. – P. 76–85.
5. *Dallaire J.A., Mason G.J.* Juvenile rough-and-tumble play predicts adult sexual behaviour in American mink // Animal Behaviour. – 2017. – Vol. 123. – P. 81–89.
6. *Абрамов М.Д.* Норководство. – М.: Колос, 1974. – 208 с.

7. *Hansen S.W., Møller S.H.* Mink's adaptation to group housing in practice // Proceedings of the X[th] International Scientific Congress in fur animal production. – Wageningen Academic Publishers, 2012. – Vol. 36 (3/4). – P. 350–359.
8. *Malmkvist J.* Stress influencing production and welfare in farmed mink // Proceedings of the X[th] International Scientific Congress in fur animal production. – Wageningen Academic Publishers, 2012. – Vol. 36 (3/4). – P. 315–327.
9. *Rousing T., Møller S.H., Hansen S.W.* WelFur-mink: on-farm welfare assessment of mink (*Neovision vision*)-effect of sample size on animal based measures // Proceedings of the X[th] International Scientific Congress in fur animal production. – Wageningen Academic Publishers, 2012. – Vol. 36 (3/4). – P. 420–425.
10. *Møller S.H.* Lessons learned from not fattening juvenile mink kept as future breeders // Proceedings of the X[th] International Scientific Congress in fur animal production. – Wageningen Academic Publishers, 2012. – Vol. 36 (3/4). – P. 479–79.
11. *Трапезов О.В., Трапезова Л.И.* Воспроизводящаяся коллекция окрасочных генотипов американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) на экспериментальной звероферме Института цитологии и генетики СО РАН // Информационный вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 554–570.
12. *Трапезов О.В.* Селекционное преобразование оборонительной реакции на человека у американской норки // Генетика. – 1987. – Т. 23, № 6. – С. 1120–1127.
13. *Перельдик Н.Ш., Милованов Л.В., Ерин А.Т.* Кормление пушных зверей / под ред. Н.Ш. Перельдика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 335 с.
14. *Уровень* кортизола и транскортина в крови у селекционируемых по поведению норок *Mustela vison* после продолжительного парного содержания / Р.Г. Гулевич, И.Н. Оськина, А.В. Харламова [и др.] // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2000. – Т. 36, № 5. – С. 410–413.
15. *Науменко Е.В., Попова Н.К., Иванова Л.Н.* Нейроэндокринный и нейрохимический механизмы доместикации животных // Генетика. – 1987. – Т. 23, № 6. – С. 1011–1025.
16. *Беляев Д.К.* Дестабилизирующий отбор как фактор изменчивости при доместикации // Природа. – 1979. – № 2. – С. 36–45.

REFERENCES

1. Clausen T.N., Lassen T.M., Larsen P.F. Effect of reduced protein in the growth and furring period in 2010 and 2011 in mink, *Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production. Scientific,* Copenhagen, Denmark 21-24/08/2012. IFASA CONGRESS. August 21-24, 2012. Copenhagen, Denmark. September 7-10; Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, 2012, Vol. 36 (3/4), pp. 47–53.
2. Rastimeshina O.V., Demina T.M., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2014, Vol. 18, No. 2, pp. 240–244. (In Russ.)
3. Alemu S.W., Bijma P., Møller S.H., Janss L., Berg P., Indirect genetic effects contribute substantially to heritable variation in aggression-related traits in group-housed mink (*Neovison vison*), *Genetics Selection Evolution*, 2014, Vol. 46, pp. 1–11.
4. Hansen S.W., Møller S.H., Damgaard B.M., Bite marks in mink Induced experimentally and as reflection of aggressive encounters between mink, *Applied Animal Behaviour Science*, 2014, Vol. 158, pp. 76–85.
5. Dallaire J.A., Mason G.J., Juvenile rough-and-tumble play predicts adult sexual behaviour in American mink, *Animal Behaviour*, 2017, Vol. 123, pp. 81–89.
6. Abramov M.D., *Norkovodstvo* (Mink farming), Moscow: Kolos, 1974, 208 p.
7. Hansen S.W., Møller S.H., Mink's adaptation to group housing in practice, *Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production*, Wageningen Academic Publishers, 2012, Vol. 36 (3/4), pp. 350–359.
8. Malmkvist J., Stress influencing production and welfare in farmed mink, *Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production*, Wageningen Academic Publishers, 2012, Vol. 36 (3/4), pp. 315–327.
9. Rousing T., Møller S.H., Hansen S.W., WelFur-mink: on-farm welfare assessment of mink (Neovision vision)-effect of sample size on animal based measures, *Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production*, Wageningen Academic Publishers, 2012, Vol. 36 (3/4), pp. 420–425.

10. Møller S.H., Lessons learned from not fattening juvenile mink kept as future breeders, *Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production*, Wageningen Academic Publishers, 2012, Vol. 36 (3/4), pp. 479-479.
11. Trapezov O.V., Trapezova L.I., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2009, Vol. 13, No. 3, pp. 554–570. (In Russ.)
12. Trapezov O.V., *Genetika*, 1987, Vol. 23, No. 6, pp. 1120–1127. (In Russ.)
13. Perel'dik N.Sh., Milovanov L.V., Erin A.T., *Kormlenie pushnyh zverej* (Fur animals feeding), Moscow: Kolos, 1981, 335 p. (In Russ.)
14. Gulevich R.G., Os'kina I.N., Harlamova A.V., Trapezov O.V., *Zhurnal jevoljucionnoj biohimii i fiziologii*, 2000, Vol. 36, No. 5, pp. 410–413. (In Russ.)
15. Naumenko E.V., Popova N.K., Ivanova L.N., *Genetika*, 1987, Vol. 23, No. 6, pp. 1011–1025. (In Russ.)
16. Beljaev D. K., *Priroda*, 1979, No. 2, pp. 36–45. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-237-245
УДК 636.2: 591.1

ВЛИЯНИЕ СИЛОСА, КОНСЕРВИРОВАННОГО МИКРОБИОВИТОМ ЕНИСЕЙ, НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЫЧКОВ

Н.Н. Новикова, кандидат ветеринарных наук
Н.А. Косарева, младший научный сотрудник
Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
E-mail: novikova@anc55.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, силос, биоконсервант, питательность, физиология, биохимия крови, биохимия кала.

Реферат. *Представлены данные о влиянии силоса из смеси растений сорго сахарного Галия 85 % с бобами кормовыми Сибирские 15 %, консервированного пробиотическим препаратом Микробиовит Енисей в разведении 1 : 100, на физиологические показатели бычков на откорме. Исследования проводили на базе филиала ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» НПХ «Омское» на 6-9-месячных откормочных бычках в количестве 18 голов, разделенных на три группы по 6 животных: контрольную и две опытные, в рацион которых ввели заготовленный силос с консервантом и без него. Рацион составили в соответствии с возрастом и живой массой. Поедаемость кормов учитывали ежедневно. В уравнительный период аппетит и поедаемость кормов были одинаковые во всех группах – 80 %. В переходный период в 1-й и 2-й опытных группах аппетит и поедаемость сохранились на прежнем уровне, а в контрольной группе поедаемость увеличилась на 10 %. В главный период в контрольной группе поедаемость корма сохранилась на прежнем уровне – 90 %, а в 1-й и 2-й опытных возросла до 100 %. В результате проведенных комплексных исследований кала и биохимии сыворотки крови по основным показателям сделаны следующие выводы: показатели ферментативного (АСТ, АЛТ), минерального (Са, Р, Mg) и углеводного (глюкоза) обмена веществ находились в пределах нормы для всех групп, уровень щелочной фосфатазы был выше нормы, что свидетельствует об усиленном росте животных. Показатели белкового обмена, общий белок и креатинин в конце главного опыта были выше, чем в уравнительный и переходный периоды, а содержание мочевины находилось на средней границе нормы у всех исследуемых групп. Органолептика копрологического исследования и биохимия кала показывают, что процессы пищеварения у всех исследуемых животных не нарушены. Отмечено, что у бычков, поедавших силос, консервированный Микробиовитом Енисей, отсутствовала непереваримая клетчатка за счет лучшего пищеварения.*

INFLUENCE OF SILAGE PRESERVED BY YENISEY MICROBIOVITAL ON THE PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF CELLS

N.N. Novikova, PhD in Veterinary Sciences
N.A. Kosareva, Junior Researcher
Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia
E-mail: novikova@anc55.ru

Keywords: cattle, hay, biopreservative, nutritional value, physiology, blood biochemistry, feces biochemistry.

Abstract. *Data are presented on the effect of hay from mixtures of sweet sorghum plants Galiya 85% with Siberian fodder beans 15%, preserved with the probiotic preparation Microbiovit Enisey at a dilution of 1: 100, according to consistent indicators of fattening bulls. Research based on the branch of the Federal State Budgetary Institution "Omsk Agrarian Scientific Center" RPF (Research and Production Farm) "Omsk" on 6-9-month-old fattening bulls in the amount of 18 heads, divided into three groups of 6 animals: a control and two experimental ones, in the diet of which silage with a preservative, was prepared. And without it. The diet is designed by age and live weight. Feed intake daily. In the comparative period, appetite and feed intake were the same in all groups – 80%. During the transition period, in the 1st and 2nd experimental groups, appetite and palatability remained at the same level, and in the control group, palatability increased by 10%. During the main period in the control group, feed intake remained at the same level - 90%, and in the 1st and 2nd experimental groups, it increased to 100%. As a result of complex studies of feces and biochemistry of blood serum, the following conclusions were made on the leading indicators: indicators of enzymatic (AST, ALT), mineral (Ca, P, Mg), and carbohydrate (glucose) metabolism, substances within normal limits for all groups, alkaline level. Phosphatase was higher*

than usual, which indicated increased growth of animals. The indicators of protein metabolism, total protein, and creatinine at the end of the main experiment were higher than in the equalization and transition periods; the urea content was at the average normal limits in all main groups. The organoleptic scatological examination and the biochemistry of feces show that the digestive processes of all the animals provided are not impaired. It was noted that bull calves that ate strength preserved by Microbiovit Yenisei had no indigestible fiber due to better digestion.

Одним из ключевых факторов развития эффективного животноводства является кормление в целом и кормопроизводство в частности. Кормовая база должна обеспечивать высокую продуктивность животных при активном пищеварении, повышенном аппетите и усвояемости питательных веществ [1–3].

Молочнокислые бактерии играют ключевую роль в сохранении и ферментации кормовых культур при консервировании силоса. Они успешно снижают pH, подавляют выживание нежелательных микроорганизмов и контролируют потери питательных веществ. При этом отмечено отсутствие патогенных и индикаторных микроорганизмов или их уменьшение ниже допустимых уровней [4–6]. Кроме того, при анализе силосованных кормов наблюдаются устойчивые ассоциации молочнокислых бактерий, выделяемые также из рубцового содержимого и фекалий [7]. В совокупности с современными знаниями о роли молочнокислых бактерий при силосовании сельскохозяйственных культур можно предположить о больших возможностях силоса не только как ферментированного корма, но и как средства доставки пробиотических веществ для здоровья и благополучия животных в будущем. К таким перспективным препаратам можно отнести жидкую микробную добавку Микробиовит Енисей, состоящую из консорциума микроорганизмов – лактобактерий и ферментирующих дрожжей. Две группы полезной микрофлоры с противоположными условиями жизнедеятельности позволяют повысить усвояемость корма на 1,9 % по коэффициенту переваримости и увеличить среднесуточный прирост живой массы у животных на 6,6 % [8].

При изучении влияния кормления на физиологические показатели роста и развития (живая масса, величины статей тела и т.д.) большое значение имеет гомеостаз. Так, при изучении рационов для телят, содержащих разное количество силоса, отмечено, что концентрация гемоглобина в крови, общих липидов и холестерина в плазме увеличивается с повышением количества кукурузного силоса до 75 % в течение двух опытных периодов. При этом отмечено, что общий белок плазмы и альбумин были ниже, чем у телят, получавших другой рацион [9]. Введение в рацион откормочных бычков до 50 % кормовой капусты не оказывает пагубного воздействия на состояние здоровья и прирост животных, так как гематологические и биохимические показатели крови находились в регламентированных пределах [10]. Установлена зависимость биохимических показателей сыворотки крови от сезона года. В летний период содержание общего белка значительно больше, чем в зимний. Показатель кальция независим от смены времени года, а фосфора – повышался в летние месяцы. Ферментная активность аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы АЛТ оставалась высокой во все исследуемые сроки [11]. При добавлении в рацион кормовых добавок и пробиотического препарата прослеживалась положительная тенденция к накоплению в сыворотке крови минеральных элементов, повышению содержания общего белка в и глюкозы в крови, а также снижение концентрации мочевины и креатинина [12, 13].

Вводимые в рацион пробиотические добавки с целью улучшения переваримости питательных веществ не всегда изменяют гематологические и биохимические параметры крови. Так, при изучении влияния Bifidobacterium bifidum и комбинации *Lactobacillus sporogenes, Enterococcus faecium, Bifidobacterium bifidum* на состояние здоровья и прирост живой массы телят изменения произошли только в начале опыта в анализах мочевины. На другие показатели крови добавление пробиотиков не повлияло [14]. При кормлении биологической закваской из ведра или бутылочки исследователи также не выявили значимых изменений биохимических показателей [15].

Зарубежные авторы считают, что различия в оценке результатов биохимических исследова-

ний сыворотки крови возникают из-за возрастных периодов, породы, системы выращивания, географических регионов, поэтому лучше всего использовать эталонные значения из лаборатории, которая выполняет исследования [16]. В то же время нормы программных значений анализаторов могут несколько отличаться от регламентируемых российских, поэтому для лучшего понимания полученных результатов отечественные исследователи пользуются методической литературой, в которой прописаны общепринятые нормы [17].

Цель исследований – определить влияние силоса, консервированного Микробиовитом Енисей, на физиологические показатели бычков на откорме.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследования – молодняк крупного рогатого скота черно-пестрой породы. Опыт проводили на базе филиала ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» НПХ «Омское» на 6–9-месячных откормочных бычках в количестве 18 голов. Животные были разделены на три группы согласно принципу пар-аналогов по 6 голов. Кормили их в соответствии с периодами опыта. В уравнительный период (15 суток) животные привыкали к новым условиям содержания и кормления. Все группы потребляли основной хозяйственный рацион. В переходный период (15 суток) животным из 1-й и 2-й опытных групп постепенно, во избежание стресса, в рацион вводили опытные сочные корма. В главном периоде опыта (60 суток) – все животные потребляли рацион своей группы в полном объеме.

Контрольную группу кормили основным хозяйственным рационом. В составе рациона 1-й опытной группы заменили силос кукурузный на силос из смеси растений сорго сахарного Галия 85 % с бобами кормовыми Сибирские 15 %, консервированный Микробиовитом Енисей в разведении 1 : 100. В рационе 2-й опытной группы заменили силос кукурузный на силос из смеси сорго сахарного с бобами кормовыми без консерванта.

В уравнительный и переходный периоды состав основного суточного рациона на одно животное в возрасте 6 месяцев включал: сено кострецовое – 1,5 кг, концентраты – 1,7, сенаж из однолетних трав – 6,0, лизунец поваренной соли – 0,01, кормовой мел – 0,01; силос кукурузный – 4,5 кг. В опытных рационах силос кукурузный был заменен на сорго-бобовый. Общий объем суточной нормы корма был одинаковый у всех групп и составлял 13,7 кг. На период главного опыта животным было 7 – 8 месяцев, поэтому суточная дача корма была увеличена до 17,72 кг: сено кострецовое – 2,0 кг, концентраты – 1,7, сенаж – 7,0, поваренная соль – 0,01, мел – 0,01, силос – по 7 кг для каждой группы.

Содержали бычков привязно в физиологическом дворе, оборудованном системами жизнеобеспечения: освещение (окна, светильники), водоснабжение (уровневые поилки), навозоудаление (сплавная система) и вентиляция (вентиляционные шахты). Кормление осуществляли двукратно в соответствии с периодами опыта: уравнительный (15 суток), переходный (15 суток), главный (60 суток). Поедаемость кормов учитывали ежедневно.

Биохимические показатели крови: АЛТ, АСТ, щелочная фосфатаза (ЩФ), железо, кальций, фосфор, магний, глюкоза, креатинин, мочевина, общий белок – были определены с использованием полуавтоматического биохимического анализатора EMP-168 Vet в соответствии с инструкцией к наборам биохимических реагентов HOSPITEX DIAGNOSTICS в лаборатории экологии отдела ветеринарии ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Взятие крови для исследований осуществляли утром до кормления животных. Референсные значения приняты по учебному пособию С.В. Васильевой, Ю.В. Конопатова [17].

Органолептические свойства кала изучали согласно учебному пособию Д.Р. Амирова и др. [18]. Биохимические показатели кала исследовали в лаборатории животноводства ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»: pH, скрытая кровь, белок, переваримая клетчатка (ПК), неперевариимая клетчатка (НПК), крахмал, нейтральный жир (НЖ), жирные кислоты (ЖК), мыла, стеркобилин были определены с использованием набора «Клиника-кал».

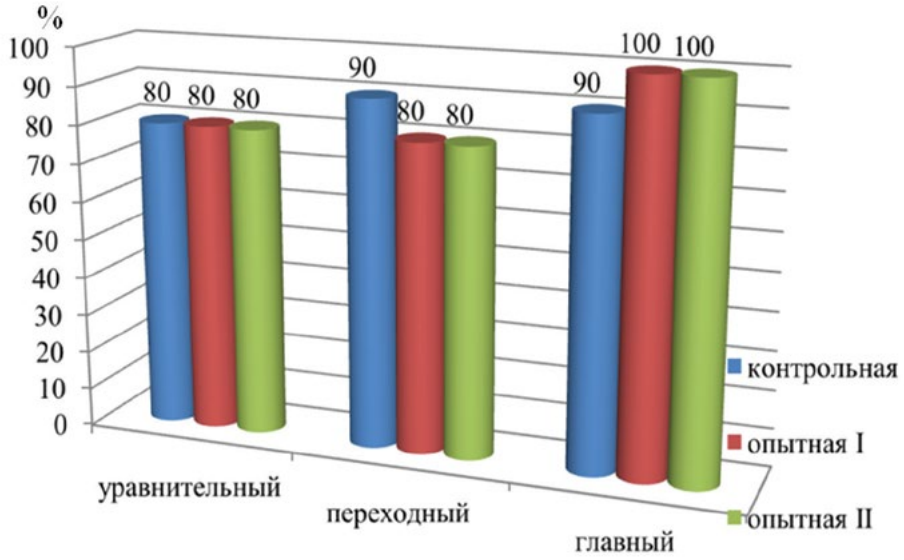
Математическую обработку осуществляли с помощью программы Microsoft Office Excel.

Применяли методы описательной статистики и однофакторный дисперсионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе питательности рациона бычков в период главного опыта показатели у контрольной группы составили: среднее количество переваримого протеина в расчете на 1 энергетическую кормовую единицу – 101,4 г, кальций-фосфорное отношение – 1,8 : 1,0 при норме 1,5–2,0 : 1,0, сахаро-протеиновое отношение – 0,7 : 1,0 при норме 0,8–1,2 : 1,0. В 1-й опытной группе среднее количество переваримого протеина в расчете на 1 энергетическую кормовую единицу составляет 107,17 г, кальций-фосфорное отношение – 1,8 : 1,0, сахаро-протеиновое отношение – 0,8 : 1,0, во 2-й опытной группе 97,27 г; 1,7 : 1,0; 0,8 : 1,0 соответственно.

Динамика изменения поедаемости корма представлена на рисунке. В уравнительный период аппетит и поедаемость кормов были одинаковыми, во всех группах поедаемость составила 80%, так как животные потребляли привычный основной корм при новых условиях содержания. В переходный период в 1-й и 2-й опытных группах поедаемость и аппетит остались на прежнем уровне. Отмечено, что животные, получавшие корм, консервированный Микробиовитом Енисей, ощущали непривычный запах, поэтому пробовали с осторожностью. В контрольной группе поедаемость увеличилась на 10 % по причине нивелирования адаптационного стрессового фактора. В главный период в контрольной группе поедаемость корма сохранилась на прежнем уровне – 90 %, а в опытных увеличилась до 100 %, поскольку животные привыкли к вкусному питательному корму.



Динамика поедаемости кормов

Dynamics of feed consumption

Оценку физиологического состояния опытных животных проводили также в соответствии с тремя периодами опыта: уравнительный, переходный, главный – на основании данных биохимического исследования сыворотки крови и кала. В табл. 1 и 2 представлены результаты биохимических исследований сыворотки крови.

Ферменты АЛТ и АСТ (трансаминазы) плазмы крови предназначены для передачи аминогрупп между аминокислотами и кетокислотами. Образуются в клетках печени, почек, скелетных мышцах, сердце, поджелудочной железе, участвуют в синтезе многих веществ. В основном АЛТ преобладает в печени, а АЛТ в миокарде. Количественные значения, находящиеся в референсном диапазоне, показывают, что физиологических нарушений в работе органов не отмечено. При оценке соотношений показа-

телей АСТ и АЛТ дисбаланс, превышающий 2,0, не выявлен.

Щелочная фосфатаза – экскреторный фермент, который содержится практически во всех тканях животного организма, но больше всего в костной, паренхиме печени, почечных канальцах и клетках слизистой оболочки кишечника, участвует во всех обменных процессах. Количество фермента может изменяться не только при патологических состояниях, но и при физиологических изменениях. Так, в период активного роста опытных телят 9 месяцев ее показатели увеличены по сравнению с нормой в среднем по группе на 0,6 ед. в конце главного опыта и имеют достоверные различия ($p < 0,05$).

Таблица 1

Биохимические показатели сыворотки крови (ферментативно-минеральный обмен)
Biochemical parameters of blood serum (enzymatic–mineral metabolism)

Группа	Периоды опыта						
	АЛТ, нкат/л	АСТ, нкат/л	ЩФ, МЕ/л	Железо, мкмоль/л	Кальций, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Магний, ммоль/л
норма	450–700	934–1417	0,5–2,0	18,0–29,0	2,5–3,1	1,45–2,1	0,5–1,5
Уравнительный период							
Контрольная	452,10±0,60	943,90±0,80	2,10±0,05	26,90±0,08	2,60±0,05	1,50±0,01	0,90±0,03
1-я опытная	452,00±0,33	945,00±0,33	2,20±0,05	25,30±0,33*	2,90±0,03	1,4±0,04	0,70±0,03
2-я опытная	451,30±0,40	945,00±0,37	2,10±0,06	25,90±0,2**	2,60±0,03	1,40±0,03	0,70±0,07
Переходный период							
Контрольная	502,60±0,62	974,20±0,34	2,20±0,05	27,60±0,13	2,90±0,06	1,40±0,05	1,00±0,04
1-я опытная	488,90±0,55	974,80±2,07	2,20±0,05	26,50±0,56*	2,80±0,13	1,40±0,03	** 0,70±0,03
2-я опытная	489,50±0,55	975,30±0,76	2,20±0,05	26,20±0,14	2,60±0,03**	1,40±0,03	0,80±0,04*
Главный период							
Контрольная	553,20±1,81	975,20±0,53	2,50±0,05	27,20±0,21	2,80±0,05	1,40±0,05	1,10±0,06
1-я опытная	549,20±0,6	976,80±0,60	2,70±0,03*	27,70±0,41	2,80±0,05	1,40±0,03	1,10±0,04
2-я опытная	549,80±0,48	972,80±0,70	2,60±0,04	27,00±0,37	2,70±0,04*	1,80±0,02	1,10±0,04

*p<0,05; **p<0,001.

Микроэлемент железо в организме животного является составной частью гемоглобина, стимулирует дыхание клеток, ответственен за кроветворение, качество кожи и состояние желудочно-кишечного тракта. Недостаток его проявляется в первую очередь анемией. В течение всех изучаемых периодов опыта показатель находился на средней границе нормы.

Важными макроэлементами являются кальций, фосфор, магний. Физиологическое значение имеет отношение кальция к фосфору 2 : 1. В нашем опыте отношение кальция к фосфору и уровень магния находились в пределах нормы для всех групп в изучаемые периоды.

Показатель углеводного обмена глюкоза отвечает за стабильный энергетический запас организма. Максимальные показатели (3,0 ммоль/л) отмечали в конце главного опыта в 1-й и 2-й опытных группах.

Таблица 2

Биохимические показатели сыворотки крови (углеводно-белковый обмен)
Biochemical parameters of blood serum (carbohydrate–protein metabolism)

группа	Периоды опыта			
	Глюкоза, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л	Мочевина, ммоль/л	Общий белок, г/л
1	2	3	4	5
Норма	2,5–3,8	88–177	3,3–3,6	60,0–85,0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Уравнительный период				
Контрольная	2,70±0,08	143,50±0,86	3,40±0,05	61,80±1,41
1-я опытная	2,70±0,03	141,00±0,75	3,40±0,03	60,20±0,24*
2-я опытная	2,80±0,03	143,20±0,07	3,40±0,03	60,70±0,33*
Переходный период				
Контрольная	2,70±0,06	161,80±0,77	3,40±0,06	60,90±0,31
1-я опытная	2,80±0,06	153,40±0,89	3,40±0,04	60,60±0,54
2-я опытная	2,80±0,04	152,60±0,30	3,40±0,03	60,10±0,26
Главный период				
Контрольная	2,80±0,05	160,80±0,87	3,40±0,03	61,20±0,23
1-я опытная	3,00±0,04	160,00±1,00	3,40±0,03	61,60±0,42
2-я опытная	3,00±0,10	160,40±0,42	3,40±0,02	61,00±0,41

Креатинин – показатель белкового обмена – не зависит от питания животных. Уровень креатинина в сыворотке крови является маркером скорости клубочковой фильтрации в почках для оценки их функции. Количество креатинина увеличивается с ростом мышечной массы, поэтому у животных в конце главного опыта показатели были выше, чем в уравнительный и переходный, но в пределах референсных значений.

Мочевина является конечным продуктом азотистого обмена, участвующим в нейтрализации аммиака через печень. Пониженный количественный показатель указывает на патологию печени, а повышенный – на патологию почек. Во всех группах опытных животных данный показатель находился на средней границе нормы.

Общий белок служит строительным материалом для всех белков внутренней среды организма и несет на себе функции поддержания вязкости крови, осмотического давления, транспорта веществ, регуляции постоянства pH крови, участвует в свертывании крови и иммунных процессах. Основная масса белков поступает в организм с кормом. В нашем опыте показано увеличение количества общего белка в сыворотке крови в конце главного опыта у животных 1-й опытной группы на 1,0 г/л по сравнению с переходным периодом, 2-й опытной – на 0,9, контрольной – на 0,3 г/л.

Содержание макро- и микроэлементов в сыворотке крови может изменяться в зависимости от уровня поступления с кормами и клинического состояния животных. В результате проведенных биохимических исследований сыворотки крови по основным показателям нарушений физиологического развития телят за три опытных периода не выявлено. Все отклонения мы считаем физиологической нормой растущего организма.

Для оценки физиологических пищеварительных процессов в желудочно-кишечном тракте нами было проведено копрологическое исследование с применением органолептических и биохимических методов диагностики.

Во все периоды опыта (уравнительный, переходный, главный) органолептическая характеристика проб кала была одинаковой: цвет естественный коричнево-зеленоватый; консистенция – оформленная в виде «волнистой лепешки», кашицеобразная; запах – специфический кисловатый, незначительное количество естественной примеси в виде слизи.

В табл. 3 представлены результаты биохимических исследований кала по основным показателям. Кислотность кала pH во всех пробах щелочная, что соответствует норме. Скрытая кровь в норме отсутствует. Наличие ее следов в начале уравнительного периода у всех групп животных свидетельствует о травмировании слизистой оболочки грубым кормом. В дальнейшем осуществлялось контролированное корм-

ление, все грубые включения (палки, жесткие ости, веточки) были изъяты, что способствовало регенерации слизистой оболочки кишечника.

Реакция на белковую экссудацию в кале отрицательная, следовательно в желудочно-кишечном тракте воспалительные процессы отсутствуют.

Переваримая клетчатка отсутствует. Неперевариму клетчатку выявляли в умеренных количествах во все периоды опыта, что соответствует норме. В конце главного опыта в группе бычков, поедавших силос, консервированный Микробиовитом Енисей, отмечено отсутствие неперваримой клетчатки за счет лучшего переваривания корма.

Таблица 3

Результаты копрологического исследования кала, % положительных реакций
Results of scatological examination of stool, % of positive reactions

Группа	pH	Скрытая кровь	Белок, г/л	ПК	НПК	Крахмал	НЖ	ЖК	Мыла	Стерко билин
Норма	5,0–7,5	–	–	–	–/+	–	–	–	–	+
Уравнительный период										
Контрольная	6,5	100	0	0	100	0	0	0	0	100
1-я опытная	6,5	100	0	0	100	0	0	0	0	100
2-я опытная	6,5	100	0	0	100	0	0	0	0	100
Переходный период										
Контрольная	6,5	0	0	0	100	0	0	0	0	100
1-я опытная	6,5	0	0	0	100	0	0	0	0	100
2-я опытная	6,5	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Главный период										
Контрольная	7,0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
1-я опытная	7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
2-я опытная	7,0	0	0	0	100	0	0	0	0	100

Примечание. (–) – реакция отрицательная, не имеющая диагностического значения; (+) – реакция положительная; (–/+) – реакция может быть как положительная, так и отрицательная.
Note. (–) – negative reaction, having no diagnostic value; (+) – positive reaction; (–/+) – the reaction can be either positive or negative.

Крахмал, нейтральный жир, жирные кислоты в кале исследуемых животных не обнаружены или обнаружены в минимальном количестве, не имеющем диагностического значения.

Стеркобилин – это пигмент кала, отвечающий за естественный цвет, который может меняться в зависимости от здоровья животных. В нашем опыте он обнаруживался у всех групп во все периоды опыта.

В результате проведенных органолептических и биохимических исследований кала по основным показателям нарушений в желудочно-кишечном тракте телят за три опытных периода не выявлено.

ВЫВОДЫ

1. Введенный в рацион бычков силос, консервированный Микробиовитом Енисей, позволяет повысить аппетит и поедаемость корма до 100%.

2. Показатели ферментативного обмена веществ АСТ и АЛТ находились в пределах нормы для всех групп, а щелочной фосфатазы – увеличены по сравнению с нормой в среднем по группе на 0,6 ед. в конце главного опыта ($p < 0,05$), что указывает на активный рост исследуемых животных.

3. Показатели минерального (кальций, фосфор, магний) и углеводного (глюкоза) обмена во все опытные периоды находились в пределах нормы у трех исследуемых групп. Показатели

белкового обмена в среднем по опытным группам увеличились в конце главного периода опыта по сравнению с уравнительным и переходным на 0,9 г/л общего белка и на 12,6 ммоль/л креатинина ($p > 0,5$), а количество мочевины было на средней границе нормы во все опытные периоды во всех исследуемых группах.

4. Органолептические показатели копрологического исследования соответствуют норме.

5. Биохимия кала показывает, что процессы пищеварения у всех исследуемых животных не нарушены, а у бычков, поедавших силос, консервированный Микробиовитом Енисей в конце главного периода опыта отмечено отсутствие неперваримой клетчатки за счет лучшего переваривания корма.

6. Силос, консервированный Микробиовитом Енисей, в сравнении с силосом без консерванта не оказывал значимого влияния на исследуемые физиологические показатели бычков на откорме. Изучение его влияния на организм животных следует продолжить при исследовании показателей переваримости питательных веществ и мясной продуктивности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойко В.С.* Потенциал продуктивности сорго сахарного в южной лесостепи Западной Сибири // Кормопроизводство. – 2022. – № 4. – С. 29–33.
2. *Виноградов В.Н.* Использование разных видов силоса в рационах бычков и баранчиков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – № 11. – С. 56–66.
3. *Петрова М.Ю., Акифьева Г.Е., Косарева Н.А.* Зависимость молочной продуктивности коров красной степной породы от сбалансированности рационов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 4. – С. 150–156.
4. *Вайсбах Ф.* Будущее консервирования кормов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 2. – С. 49–73.
5. *Evaluation* of a bacteriocinogenic Lactobacillus plantarum strain on the microbiological characteristics of «Alheira de Vitela» / A. Macieira, H. Albano, M. Pinto [et al.] // AIMS Agriculture and Food. – 2019. – N 4. – P. 223–236.
6. *Новикова Н.Н., Косарева Н.А.* Определение концентрации биоконсерванта для получения качественного сочного корма в лабораторных условиях // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2. – С. 147–152.
7. *Identification* of lactic acid bacteria in the rumen and feces of dairy cows fed total mixed ration silage to assess the survival of silage bacteria in the gut / H. Han, Y. Ogata, Y. Yamamoto [et al.] // Dairy Science. – 2014. – N 1. – P. 97–105.
8. *Косарева Н.А., Чаунина Е.А., Новикова Н.Н.* Влияние силоса, консервированного биодобавкой, на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 10. – С. 117–122.
9. *Performance* of growing friesian calves fed rations containing corn silage. 2–blood constituents and carcass traits. Egyptian / M. Mohsen, M. Bendary, E. Abdel–Raouf [et al.] // Nutrition and Feeds. – 2003. – N 6. – P. 727–738.
10. *Growth* and Blood Parameters of Weaned Crossbred Beef Calves Fed Forage Kale (Brassica oleracea spp. acephala) / Y. Chorfi, Y. Couture, G.F. Tremblay [et al.] // Advances in Agriculture. – 2015. – N 1. – P. 1–7.
11. *Исхаков Р.С., Зубаирова Л.А., Тагиров Х.Х.* Морфологические и биохимические показатели крови чистопородного и помесного молодняка // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: материалы VI Всерос. науч.–практ. конф. с междунар. участием. – 2016. – С. 136–139.
12. *Алексеева Н.М., Борисова П.П., Николаева Н.А.* Биохимические показатели крови молодняка при скармливании кормовых добавок // Ветеринария и кормление. – 2019. – № 1. – С. 24–26.
13. *Литонина А.С., Смирнова Ю.М., Платонов А.В.* Влияние пробиотика «Румит» на ростовую активность телят черно–пестрой породы // Аграрная наука Евро–Северо–Востока. – 2022. – Т. 23, № 3. – С. 395–401.
14. *Influence* of Probiotic Strains Bifidobacterium, Lactobacillus, and Enterococcus on the Health Status and Weight Gain of Calves, and the Utilization of Nitrogenous Compounds / L. Zábranský, A. Poborská, B. Gálik [et al.] // Antibiotics (Basel). – 2022. – N 9. – 12 p.

15. *Intake*, growth, and selected blood parameters in calves fed calf starter via bucket or bottle / J.D. Quigley, J.K. Bernard, T.L. Tyberendt [et al.] // Dairy Science – 1994. – N 1. –P. 354–360.
16. *Klinkon M., Ježek J.* Values of blood variables in calves // A Bird's–Eye View of Veterinary Medicine. – 2012. – N 1. – P. 301–320.
17. *Васильева С.В., Конопатов Ю.В.* Клиническая биохимия крупного рогатого скота: учеб. пособие. – изд. 2-е, испр. – СПб., 2017. – 188 с.
18. *Амиров Д.Р., Тамимдаров Б.Ф., Шагеева А.Р.* Клинико-лабораторные и инструментальные исследования желудочно кишечного тракта у животных: учеб. пособие. – Казань: Центр информ. технологий КГАВМ, 2018. – 71 с.

REFERENCES

1. Boyko V.S., *Kormoproizvodstvo*, 2022, No. 4, pp. 29–33. (In Russ)
2. Vinogradov V.N., *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2013, No. 11, pp. 56–66. (In Russ)
3. Petrova M.Yu., Akifeva G.E., Kosareva N.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2021, No. 4, pp. 150–156. (In Russ)
4. Weisbach F., *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2012, No. 2, pp. 49–73. (In Russ)
5. Macieira A., Albano H., Pinto M. [et al.], Evaluation of a bacteriocinogenic Lactobacillus plantarum strain on the microbiological characteristics of "Alheira de Vitela", *AIMS Agriculture and Food*, 2019, No. 4, pp. 223–236.
6. Novikova N.N., Kosareva N.A., *Permskiy agrarnyy vestnik*, 2022, No. 2, pp. 147–152. (In Russ)
7. Han H., Ogata Y., Yamamoto Y. [et al.], Identification of lactic acid bacteria in the rumen and feces of dairy cows fed total mixed ration silage to assess the survival of silage bacteria in the gut, *Dairy Science,* 2014, No. 1, pp 97–105.
8. Kosareva N.A., Chaunina E.A., Novikova N.N., *Vestnik KrasGAU*, 2022, No. 10, pp. 117–122. (In Russ)
9. Mohsen M., Bendary M., Abdel–Raouf E. [et al.], Performance of growing friesian calves fed rations containing corn silage. 2–blood constituents and carcass traits, *Egyptian, Nutrition and Feeds*, 2003, No. 6, pp. 727–738.
10. Chorfi Y., Couture Y., Tremblay G.F. [et al.], Growth and Blood Parameters of Weaned Crossbred Beef Calves Fed Forage Kale (Brassica oleracea spp. acephala), *Advances in Agriculture*, 2015, No. 1, pp. 1–7.
11. Iskhakov R.S., Zubairova L.A., Tagirov Kh.Kh., *Sostoyanie i perspektivy uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii sel'skogo khozyaystva* (State and prospects for increasing the production of high–quality agricultural products), materials of the VI All-Russian. scientific–practical conf. with international participation, 2016, pp. 136–139. (In Russ)
12. Alekseeva N.M., Borisova P.P., Nikolaeva N.A., *Veterinariya i kormlenie*, 2019, No. 1, pp. 24–26. (In Russ)
13. Litonina A.S., Smirnova Yu.M., Platonov A.V., *Agrarnaya nauka Evro–Severo–Vostoka*, 2022, Vol. 23, No. 3, pp. 395–401. (In Russ)
14. Zábranský L., Poborská A., Gálik B. [et al.], Influence of Probiotic Strains Bifidobacterium, Lactobacillus, and Enterococcus on the Health Status and Weight Gain of Calves, and the Utilization of Nitrogenous Compounds, *Antibiotics (Basel)*, 2022, No. 9, 12 p.
15. Quigley J.D., Bernard J.K., Tyberendt T.L. [et al.], Intake, growth, and selected blood parameters in calves fed calf starter via bucket or bottle, *Dairy Science*, 1994, No. 1, pp. 354–360.
16. Klinkon M., Ježek J., Values of blood variables in calves, *A Bird's–Eye View of Veterinary Medicine*, 2012, No. 1, pp. 301–320.
17. Vasilyeva S.V., Konopatov Yu.V., *Klinicheskaya biokhimiya krupnogo rogatogo skota* (Clinical biochemistry of cattle), Sanct-Petersburg, 2017, 188 p. (In Russ)
18. Amirov D.R., Tamimdarov B.F., Shageeva A.R., *Kliniko-laboratornye i instrumental'nye issledovaniya zheludochno kishechnogo trakta u zhivotnykh* (Clinical, laboratory and instrumental studies of the gastrointestinal tract in animals), Kazan: Information Center. technologies KGAVM, 2018, 71 p. (In Russ)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-246-252
УДК 619:636:615.831.8

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

[1]А.В. Павлов, кандидат биологических наук
[2]Е.Ю. Смертина, доктор ветеринарных наук
[3]Н.Н. Горб, кандидат ветеринарных наук
[1]Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия
[2] Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия
[3]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: natalya-gorb@mail.ru

Ключевые слова: фотодинамическая терапия, фотосенсибилизаторы, конструктивные элементы, устройство для облучения фотосенсибилизаторов, оптическое световое воздействие, монохромное излучение, длина волны, условно-патогенная микрофлора, мощность оптического излучения.

Реферат. *Исследования проведены на базе лаборатории воспроизводства и адаптации сельскохозяйственных животных Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН). Применение фотодинамической терапии позволяет локально активировать фотосенсибилизатор, накапливающийся в опухоли или микроорганизме, видимым светом, что в присутствии кислорода приводит к развитию фотохимической реакции, разрушающей опухолевые клетки и микроорганизмы. Разработана конструкция и создан лабораторный образец устройства для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии. Устройство может быть использовано для проведения экспериментальных работ в биологии, ветеринарии и медицине по изучению эффективности активации фотосенсибилизаторов и терапевтического воздействия фотосенсибилизаторов при заболеваниях, в том числе вызываемых условно-патогенной микрофлорой. Устройство можно применять для проведения работ по фотодинамической терапии как в лабораторных, так и в полевых условиях путем облучения биологических объектов, предварительно подвергшихся воздействию фотосенсибилизаторов, за счет способности устройства генерировать оптическое монохромное излучение с длинами волн 660; 610, 430 и 395 нм с возможностью регулировки мощности оптического излучения и его модуляции с частотой в диапазоне от 0 до 25000 Гц, что позволяет использовать широкий спектр фотосенсибилизаторов. Техническое решение устройства для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии защищено авторским правом – патент на полезную модель № 191736 U1 Российская Федерация, МПК A61N 5/06.*

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR PHOTODYNAMIC THERAPY

[1]A.V. Pavlov, PhD in Biological Sciences
[2]E.Y. Smertina, Doctor of Veterinary Sciences
[3]N.N. Gorb, PhD in Veterinary Sciences
[1]Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
[2]Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies RAS, Novosibirsk, Russia
[3]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
Email: natalya-gorb@mail.ru

Keywords: photodynamic therapy, photosensitizers, structural elements, device for irradiating photosensitizers, optical light exposure, monochrome radiation, wavelength, opportunistic microflora, optical radiation power.

Abstract. *The research was carried out at the laboratory of reproduction and adaptation of farm animals of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences (SFSC RAS). Photodynamic therapy makes it possible to locally activate the photosensitizer concentrated in the tumor or tube with visible light, which leads to a photochemical reaction that destroys tumor cells and tumors in the development of the disease. A design has been developed, and a laboratory sample of a device for irradiating photosensitizers and conducting photodynamic therapy has been created. The device can be used for experimental work in biology, veterinary medicine, and medicine to study the effectiveness of photosensitizers and the therapeutic effects of*

photosensitizers in diseases, including those caused by opportunistic microflora. The device can be used to carry out work on photodynamic therapy both in laboratory and field conditions by irradiating biological objects that have previously been exposed to photosensitizers due to the device's ability to generate optical monochrome radiation with wavelengths of 660, 610, 430, and 395 nm with the ability to adjust the power of optical radiation and its modulation with a frequency in the range from 0 to 25000 Hz, which allows the use of a wide range of photosensitizers. The technical solution of the device for irradiating photosensitizers and conducting photodynamic therapy is protected by copyright - utility model patent No. 191736 U1 Russian Federation, IPC A61N 5/06.

Экспансия антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов вызывает необходимость поиска и разработки новых антимикробных средств, основанных на отличных от антибиотикотерапии принципах [1]. Длительное применение антибиотиков отрицательно влияет на качество молока и мяса, приводит к появлению лекарственно-устойчивых форм микроорганизмов, аллергическим реакциям у человека и животных, экологическим и другим неблагоприятным последствиям. Побочное действие химиотерапевтических препаратов и появление антибиотикоустойчивых культур микроорганизмов повышают интерес ветеринарных специалистов к немедикаментозным методам лечения, в частности, к физиотерапевтическим. Одним из вариантов, обладающих необходимым потенциалом, являются фотосенсибилизаторы – вещества, способные диссоциировать при поглощении квантов оптического излучения со специфичной длиной волны, образуя при этом свободные радикалы, обладающие цитотоксическим действием.

Фотодинамическая терапия рассматривается как метод локальной активации накопившегося в опухоли или микроорганизме фотосенсибилизатора видимым красным светом, что в присутствии кислорода приводит к развитию фотохимической реакции, разрушающей опухолевые клетки и микроорганизмы [2, 3]. Механизм действия фотодинамической терапии заключается в поглощении молекулой фотосенсибилизатора кванта света и переходе в возбужденное триплетное состояние с последующим вступлением в фотохимические реакции двух типов. При первом типе реакций происходит взаимодействие непосредственно с молекулами биологического субстрата, что приводит к образованию свободных радикалов. При втором типе реакций возбужденный фотосенсибилизатор взаимодействует с молекулой кислорода с образованием синглетного кислорода, который обладает цитотоксическим действием [4–9].

Имеются отдельные работы по изучению воздействия фотосенсибилизаторов с последующим облучением на условно-патогенные микроорганизмы, например, установлена инактивация клеток *Staphylococcus aureus* [10]. Бактерицидное и бактериостатическое воздействие фотодинамической терапии на возбудителей инфекционных заболеваний осуществляется посредством генерации синглетного кислорода и перекисных радикалов фотосенсибилизаторами, находящимися снаружи и внутри бактериальной клетки с последующим развитием фототоксических реакций. Основные трудности антибактериальной терапии, в том числе и в ветеринарной практике, обусловлены разнообразием условно-патогенной микрофлоры, ее изменчивостью и формированием антибиотикорезистентных штаммов.

Наибольшее количество публикаций посвящено применению фотодинамической терапии при лечении онкологических заболеваний [11, 12]. Достаточно много исследований проведено также в стоматологической и отоларингологической практике [13, 14].

Для апробации в ветеринарной практике при лечении продуктивных животных наибольший интерес представляет опыт лечения с применением фотодинамической терапии ран, в том числе гнойных [15–20]. Перспективным представляется применение фотодинамической терапии при болезнях копыт, маститах, акушерско-гинекологических патологиях и других заболеваниях, вызываемых условно-патогенной микрофлорой. Таким образом, существует определенный потенциал использования фотодинамической терапии инфекционных заболеваний, особенно имеющих локальный характер.

Для активации фотосенсибилизаторов в условиях ветеринарных клиник и животноводческих ферм необходимо специальное устройство, адаптированное для специфических условий

окружающей среды (повышенная влажность, низкая температура), поэтому проведенные исследования являются актуальными. Учитывая особенности организации лечебно-профилактических мероприятий в условиях животноводческих ферм, наиболее приемлемыми являются способы проведения физиотерапевтических процедур с использованием компактных мобильных аппаратов.

Целью данной работы является разработка устройства для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на базе лаборатории воспроизводства и адаптации сельскохозяйственных животных Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН). Устройство для активации фотосенсибилизаторов сконструировано при помощи паяльной станции Element 878D. Для изготовления устройства использовано следующее оборудование: аналоговый осциллограф GW Instek GOS-6051, генератор импульсов GW Instek GFG 8216A, цифровой осциллограф Rigol ds 1052e, вольтметр универсальный GW Instek GDM-78341. Контроль соответствия конструкции запланированного устройства осуществлен путем соответствия техническому заданию.

Материалы, использованные для изготовления устройства: электронные компоненты, штампованные корпусные изделия из качественного ABC-пластика, кабель соединительный КГ-ХЛ 2х0,75, провод монтажный МГТФ 1х0,5, припой оловянно-свинцовый ПОС-61, припой оловянно-серебряный Felder lottechnik, паста паяльная канифольно-вазелиновая, стеклотекстолит фольгированный СФ-2Н, клей цианакрилатный.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с целью работы сконструирован и изготовлен лабораторный образец устройства для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии [21].

Структурная схема устройства для проведения фодинамической терапии представлена на рис. 1. Конструкция аппарата имеет в своем составе следующие элементы: *1* – центральный блок устройства; *2* – аккумулятор; *3* – цифровой таймер с возможностью установки времени экспозиции; *4* – стабилизатор напряжения; *5* – генератор импульсов; *6* – модуль управления и контроля мощности излучения; *7* – выходной усилитель; *8* – модуль коммутации с разъемами для подключения внешних облучателей; *9* – внешний источник питания для работы от сети переменного тока 220 В, выполняющий также функцию зарядного устройства; 10–13 – подключаемые источники монохромного оптического излучения: *10* – источник монохромного оптического излучения с длиной волны 660 нм, *11* – источник монохромного оптического излучения с длиной волны 620 нм, *12* – источник монохромного оптического излучения с длиной волны 430 нм, *13* – источник монохромного оптического излучения с длиной волны 395 нм.

Устройство для проведения фотодинамической терапии работает следующим образом: к центральному блоку устройства *1*, а именно к модулю коммутации *8*, подключают один или более внешних источников монохромного оптического излучения с необходимой длиной волны (*10, 11, 12, 13*). Питание устройства при этом происходит либо от аккумулятора *2*, либо от внешнего источника питания *9*, способного при этом подзаряжать аккумулятор. Напряжение с этих элементов поступает на стабилизатор напряжения *4*, необходимый для точной работы последующих элементов. Затем устанавливают необходимое время экспозиции, используя модуль таймера *3*, устанавливают частоту модуляции оптического излучения, используя модуль генератора импульсов *5*, и необходимую мощность с помощью модуля управления и контроля мощности излучения *6*. Выходной усилитель устройства *7* обеспечивает усиление по мощности сигнала генератора импульсов. Включение генерации оптического излучения происходит при нажатии кнопки «Пуск» на таймере, а по истечении установленного времени экспозиции происходит автоматическое отключение устройства.

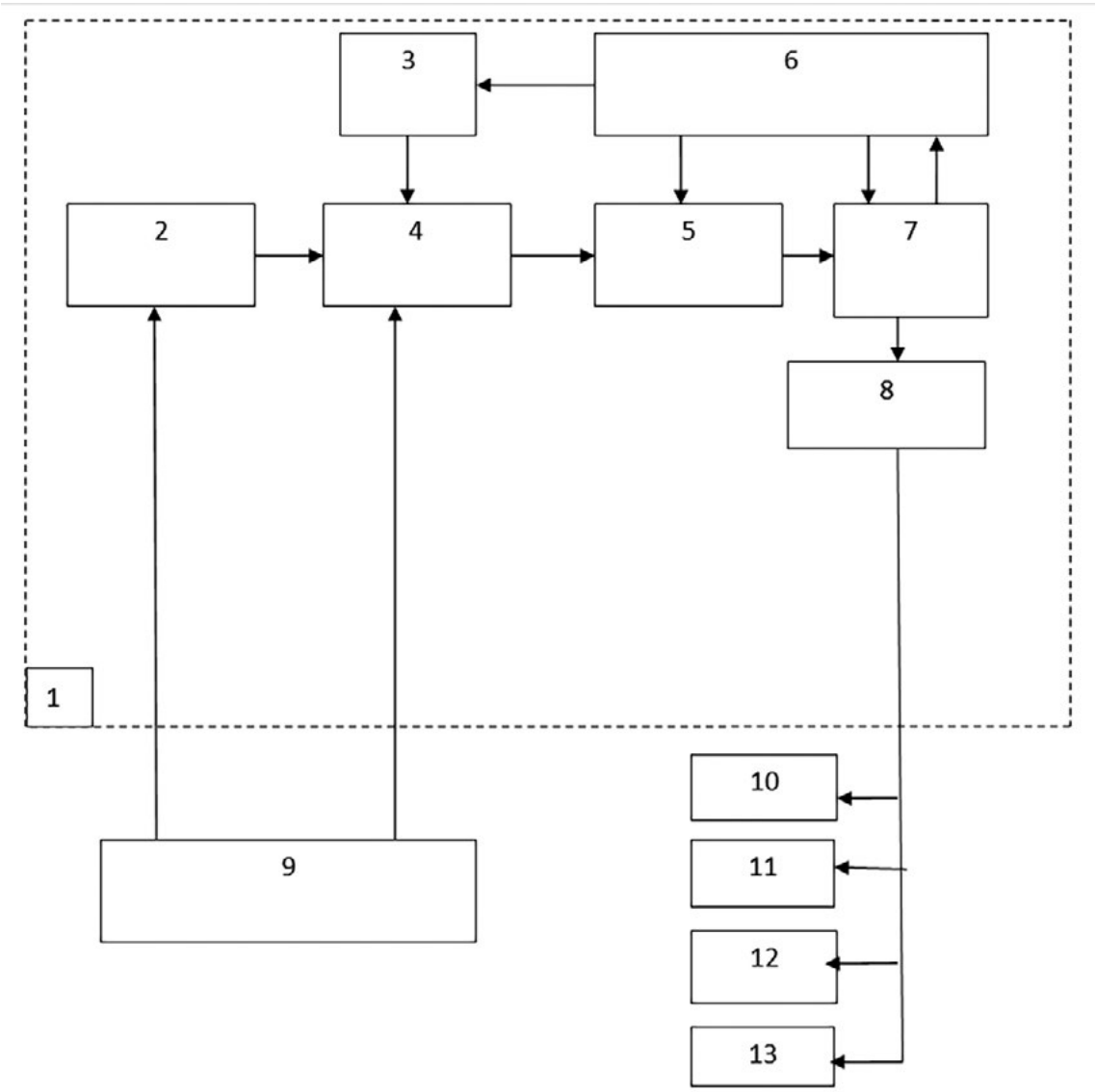


Рис. 1. Структурная схема устройства для проведения фотодинамической терапии
Block diagram of a device for photodynamic therapy.

Конструктивными элементами прибора являются облучатели (*10–13*) с необходимыми для возбуждения фотосенсибилизаторов длинами волн: 660, 620, 430 и 395 нм.

Применение в устройстве светоизлучающих монохромных диодов повышенной яркости, установленных непосредственно в конструкции облучателей, позволило преодолеть недостатки решений, принятых за аналоги и прототип: исключить из конструкции жгут световодов и блок вырезающих фильтров, предотвратить возникновение инфракрасного излучения. Преодолено также повышенное тепловыделение и отпала необходимость в радиаторах охлаждения, так как питание светоизлучающих диодов происходит импульсным напряжением.

Недостатки решения, принятого за прототип, устранены введением в конструкцию устройства для проведения фотодинамической терапии следующих модулей: генератора импульсов, позволяющего модулировать оптическое излучение, регулятора мощности оптического излучения, таймера, автоматически ограничивающего время экспозиции, а также автономного источника питания (рис. 2).

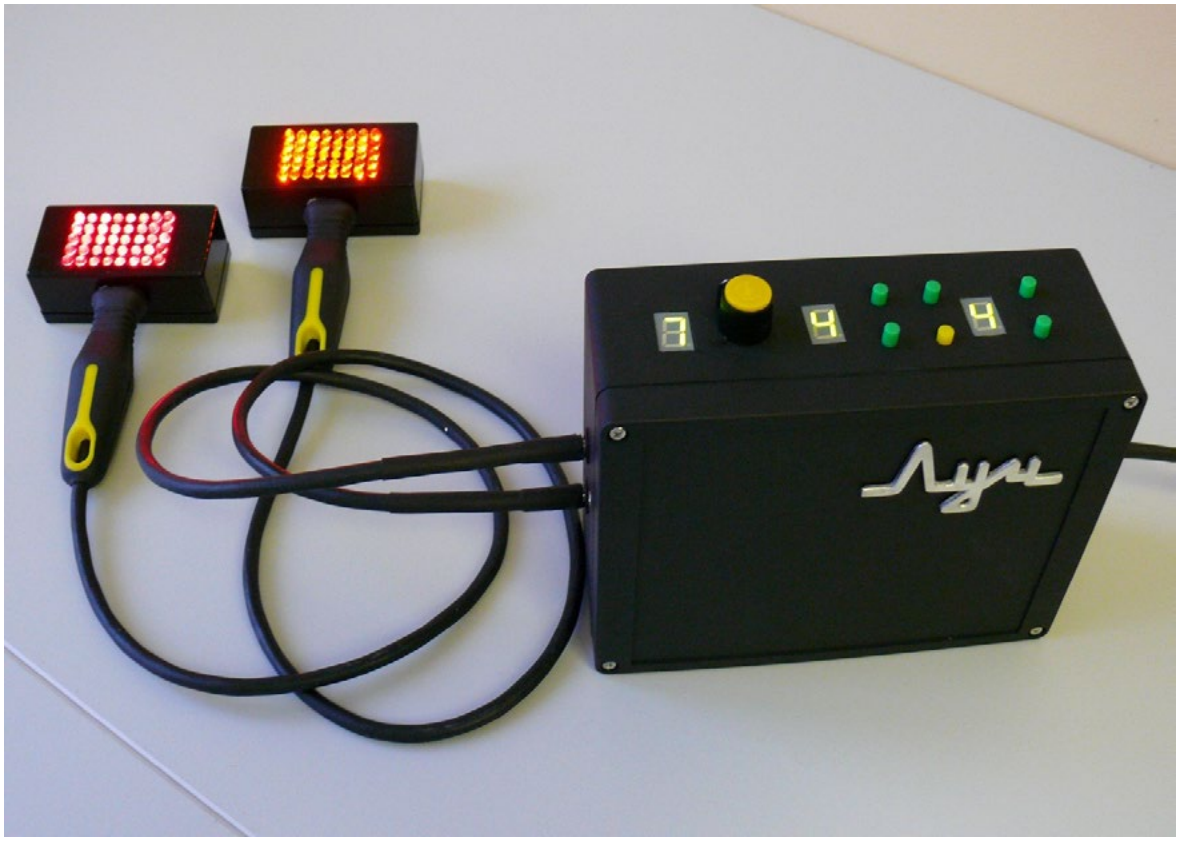


Рис. 2. Устройство для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии
Device for irradiating photosensitizers and conducting photodynamic therapy

Использование разработанного устройства позволяет проводить работы по фотодинамической терапии как в лабораторных, так и полевых условиях. Наличие в конструкции устройства монохромных источников оптического излучения с длинами волн 660; 620; 430 и 395 нм предоставляет возможность использовать широкий спектр фотосенсибилизаторов.

ВЫВОДЫ

1. Разработана конструкция и создан лабораторный образец устройства (Патент РФ) для облучения фотосенсибилизаторов и проведения фотодинамической терапии.

2. Устройство может быть использовано для проведения экспериментальных работ в биологии, ветеринарии и медицине по изучению эффективности активации фотосенсибилизаторов, а также для изучения терапевтического воздействия фотосенсибилизаторов при заболеваниях, вызываемых условно-патогенной микрофлорой.

3. Разработанный прибор для проведения фотодинамической терапии включает в себя центральный управляющий блок, систему оптического светового воздействия, содержащую как одиночные светодиоды, так и соединенные по матричной схеме. Отличается от аналогов тем, что снабжен генератором импульсов, регулятором мощности оптического излучения и таймером, а светоизлучающие диоды установлены непосредственно в корпусе облучателей.

4. Устройство может быть использовано для проведения работ по фотодинамической терапии как в лабораторных, так и в полевых условиях путем облучения биологических объектов, предварительно подвергшихся воздействию фотосенсибилизаторов, за счет способности устройства генерировать оптическое монохромное излучение с длинами волн 660, 610, 430 и 395 нм с возможностью регулировки мощности оптического излучения и его модуляции с частотой в диапазоне от 0 до 25000 Гц, что позволяет применять широкий спектр фотосенсибилизаторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ильинский, Е.В. Синилов С.В.* О некоторых аспектах этиопатогенеза, лечения и профилактики мастита у коров // Актуальные проблемы болезней органов размножения и молочной железы у животных: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 35-летию организации Всерос. НИВИ патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, 5–7 окт. 2005 г. – Воронеж: Европолиграфия, 2005. – С. 412–415.
2. *Странадко Е.Ф.* Механизмы действия фотодинамической терапии // Третий Всероссийский симпозиум «Фотодинамическая терапия». – М., 1999 – С. 3–15.
3. *Странадко Е.Ф.* Основные этапы развития и современное состояние фотодинамической терапии в России // Лазерная медицина. – 2012. – Т. 16, № 2. – С. 4–14.
4. *Лапченко А.С.* Фотодинамическая терапия. Область применения и перспективы развития в отоларингологии // Вестник отоларингологии. – 2015. – № 80(6) – С. 4–9.
5. *Микробиологическое* обоснование эффективности фотосенсибилизаторов при фотодинамической терапии / О.Е. Шишкина, Л.Ю. Бутакова, Ю.О. Иванченко [и др.] // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 35–37.
6. *Canti G., De Simone A., Korbelik M.* Photodynamic therapy and the immune system in experimental oncology // Photochemical & Photobiological Sciences. – 2002. – Vol. 1, N 1. – P. 79–80.
7. *Role* of cytokines in photodynamic therapy-induced local and systemic inflammation / S.O. Gollnick, S.S. Evans, H. Baumann [et al.] // British journal of cancer. – 2003. – Vol. 88, N 11. – P. 1772–1779.
8. *Peng Q., Moan J., Nesland J.M.* Correlation of subcellular and intratumoral photosensitizer localization with ultrastructural features after photodynamic therapy // Ultrastructural pathology. – 1996. – Vol. 20, N 2. – P. 109–129.
9. *Красновский А. А.* Фотодинамическое действие и синглетный кислород // Биофизика. – 2004. – Т. 49, № 2. – С. 305–321.
10. *Павлов А.В., Смертина Е.Ю., Донченко Н.А.* Антимикробное действие фотосенсибилизатора метиленового синего на культуру *Staphylococcus aureus* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2013. – № 3 (232). – С. 91–94.
11. *Сухин Д.Г.* Разработка методики пролонгированной фотодинамической терапии злокачественных опухолей с препаратом фотосенс: дис. … канд. мед. наук. – М., 2004. – 117 с.
12. *Фотодинамическая* терапия в ветеринарной практике / С.А. Ягников, О.А. Кулешова, Я.А. Кулешова [и др.] // Российский биотерапевтический журнал. – 2008. – Т. 7, № 4. – С. 67–70.
13. *Рахманов Х.Ш.* Изменения микрофлоры и некоторых иммунологических показателей полости рта при комплексном применении в лечении кариеса лазерной терапии // Лазерная медицина. – 2003. – Т. 7, № 2. – С. 11–14.
14. *Лапченко А.А.* Антимикробная фотодинамическая терапия в комплексном лечении гнойного воспаления околоносовых пазух: дис. … канд. мед. наук. – М., 2009. – 115 с.
15. *Лапченко А.С., Кучеров А.Г., Ордер Р.Я.* Фотодинамическая и светодиодная терапия последствий огнестрельной и минно-взрывной травмы лица, головы, шеи с повреждением ЛОР-органов // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17, № 2. – С. 32–34.
16. *Antiangiogenic* treatment enhances photodynamic therapy responsiveness in a mouse mammary carcinoma / A. Ferrario, von K. F. Tiehl, N. Ruker [et al.] // Cancer research. – 2000. – Vol. 60, N 15. – P. 4066–4069.
17. *Blanco C.E.R., Leon H.O., Guthrie T.B.* Combined partial arthroscopic synovectomy and radiation therapy for diffuse pigmented villonodular synovitis of the knee // Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. – 2001. – Vol. 17, N 5. – P. 527–531.
18. *Толстых М.П.* Проблема комплексного лечения гнойных ран различного генеза и трофических язв (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. … канд. мед. наук. – М., 2002. – 42 с.
19. *Экспериментальное* обоснование применения фотодинамической терапии на заживление гнойных ран / П.И. Толстых, У.М. Корабоев, А.Б. Шехтер [и др.] //Лазерная медицина. – 2001. – Т.5, № 2 – С. 8–13.
20. *Каплан М.А.* Возможности и перспективы фотодинамической терапии // Российские медицинские вести. – 2002. – Т.7, № 2. – С. 1925.
21. *Патент* на полезную модель № 191736 U1 Российская Федерация, МПК A61N 5/06. Устройство для проведения фотодинамической терапии: № 2019100610: заявл. 10.01.2019: опубл. 19.08.2019

/ Е.Ю. Смертина, А.В. Павлов; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН).

REFERENCES

1. Il'inskij E.V. Sinilov S.V., *Aktual'nye problemy boleznej organov razmnozhenija i molochnoj zhelezy u zhivotnyh* (Actual problems of diseases of the reproductive organs and mammary gland in animals), Materials of the international scientific and practical conference, Voronezh: Europolygraphy, 2005, pp. 412–415. (In Russ.)
2. Stranadko E.F., *Fotodinamicheskaja terapija*, 1999, pp. 3–15. (In Russ.)
3. Stranadko E.F., *Lazernaja medicina,* 2012, Vol. 16, No. 2, pp. 4–14. (In Russ.)
4. Lapchenko A.S., *Vestnik otolaringologii*, 2015, No. 80 (6), pp. 4–9. (In Russ.)
5. Shishkina O.E., Butakova L.Yu., Ivanchenko Yu.O., Antonov S.S., *Lazernaja medicina*, 2013, Vol. 17, No. 1, pp. 35–37. (In Russ.)
6. Canti G., De Simone A., Korbelik M., Photodynamic therapy and the immune system in experimental oncology, *Photochemical & Photobiological Sciences*, 2002, Vol. 1, No. 1, pp. 79–80.
7. Gollnick S.O., Evans S.S., Baumann H., Owczarczak B., Maier P., Vaughan L., Wang W.C., Unger E., Henderson B.W. Role of cytokines in photodynamic therapy-induced local and systemic inflammation, *British journal of cancer*, 2003, Vol. 88, No. 11, pp. 1772–1779.
8. Peng Q., Moan J., Nesland J.M., Correlation of subcellular and intratumoral photosensitizer localization with ultrastructural features after photodynamic therapy, *Ultrastructural pathology*, 1996, Vol. 20, No. 2, pp. 109–129.
9. Krasnovskij A. A., *Biofizika*, 2004, Vol. 49, No. 2, pp. 305–321.
10. Pavlov A.V., Smertina E.Ju., Donchenko N.A., *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2013, No. 3 (232), pp. 91–94. (In Russ.)
11. Suhin D.G., *Razrabotka metodiki prolongirovannoj fotodinamicheskoj terapii zlokachestvennyh opuholej s preparatom fotosens* (Development of a technique for prolonged photodynamic therapy of cancerous tumors with photosens). Moscow, 2004, 117 p. (In Russ.)
12. Yagnikov S.A., Kuleshova O.A., Kuleshova Ya.A., Kornyushenkov E.A., *Rossijskij bioterapevticheskij zhurnal*, 2008, Vol. 7, No. 4, pp. 67–70. (In Russ.)
13. Rahmanov H.Sh., *Lazernaja medicina*, 2003, Vol. 7, No 2, pp. 11–14. (In Russ.)
14. Lapchenko A.A., *Antimikrobnaja fotodinamicheskaja terapija v kompleksnom lechenii gnojnogo vospalenija okolonosovyh pazuh* (Antimicrobial photodynamic therapy in the complex treatment of purulent inflammation of the paranasal sinuses), Moscow, 2009, 115 p. (In Russ.)
15. Lapchenko A.S., Kucherov A.G., Order R.Ja., *Lazernaja medicina*, 2013, Vol. 17, No. 2, pp. 32–34. (In Russ.)
16. Ferrario A., von Tiehl K.F., Rucker, N., Schwarz M.A., Gill P.S., Gomer C.J., Antiangiogenic treatment enhances photodynamic therapy responsiveness in a mouse mammary carcinoma, *Cancer research*, 2000, Vol. 60, No. 15, pp. 4066–4069.
17. Blanco C. E. R., Leon H. O., Guthrie T. B. Combined partial arthroscopic synovectomy and radiation therapy for diffuse pigmented villonodular synovitis of the knee, *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2001, Vol. 17, No. 5, pp. 527–531.
18. Tolstyh M. P., *Problema kompleksnogo lechenija gnojnyh ran razlichnogo geneza i troficheskih jazv (jeksperimental'no-klinicheskoe issledovanie)* (The problem of complex treatment of purulent wounds of various origins and trophic ulcers (experimental clinical study), Moscow, 2002, 42 p. (In Russ.)
19. Shekhter A.B., Tolstykh M.P., Rudenko T.G., Radzhabov A.A., Ovcharova T.V., Petrin S.A., Morozova T.V., *Lazernaja medicina*, 2001, Vol. 5, No. 2, pp. 8–13. (In Russ.)
20. Kaplan M.A. *Rossijskie medicinskie vesti*, 2002, Vol. 7, No. 2, pp. 1925. (In Russ.)
21. *Patent na poleznuju model' No. 191736 U1* Rossijskaja Federacija, MPK A61N 5/06. Ustrojstvo dlja provedenija fotodinamicheskoj terapii: No. 2019100610: zajavl. 10.01.2019: opubl. 19.08.2019/ zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe uchrezhdenie nauki Sibirskij federal'nyj nauchnyj centr agrobiotehnologij Rossijskoj akademii nauk (SFNCA RAN). (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-253-260
УДК 637.5(678.048:582.772.1)

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА ПОРОШКА КОЖУРЫ ГРАНАТА

И.С. Патракова, кандидат технических наук
Г.В. Гуринович, доктор технических наук
О.В. Салищева, доктор химических наук
М.В. Патшина, кандидат технических наук
К.А. Иванцова, студент
Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия
E-mail: tppgs@kemsu.ru

***Ключевые слова*:** экстракт, порошок кожуры граната, антиоксидантная активность, фенольные соединения.

Реферат. *Отечественные и зарубежные ученые ведут постоянную работу по поиску натуральных антиоксидантов, которые рассматриваются потребителями как более безопасные и полезные для здоровья. Различные растительные материалы, в том числе побочные продукты переработки фруктов и овощей, являются ценными природными источниками антиоксидантов. К таким соединениям относятся фенольные соединения, которые способны проявлять антиоксидантную активность в отношении свободных радикалов и тормозить развитие процессов окисления липидов и белков. Кожура гаранта, как побочный продукт переработки, также представляет собой источник полифенольных соединений, которые могут являться альтернативой синтетическим антиоксидантам. Нами проведены исследования по получению экстрактов из порошка кожуры граната и оценке их антиоксидантной активности. В качестве экстрагентов использовали 40%-й водный раствор этанола и дистиллированную воду. Идентификация соединений методом УФ-спектроскопии показала, что преобладающими компонентами в исследуемых экстрактах являются фенолы и фенольные кислоты, в том числе галловая, а также флавоноиды и дубильные вещества, такие как катехины и пуникалагин. Полученные экстракты проявляли высокую акцепторную активность в отношении DPPH• и ABTS•$^{+}$ радикалов. При этом антиоксидантная активность спиртового экстракта в отношении DPPH• была на 3,6% выше, чем у водного экстракта. Активность экстракта порошка кожуры граната в отношении катион-радикала ABTS•$^{+}$ не зависела от природы растворителя. Полученные экспериментальные данные позволяют рассматривать экстракты порошка кожуры граната в качестве альтернативы синтетическим антиоксидантам в технологии мяса и мясных продуктов.*

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF POMEGRANATE PEEL POWDER EXTRACT

I.S. Patrakova, PhD in Technical Sciences
G.V. Gurinovich, Doctor of Technical Sciences
O.V. Salishcheva, Doctor of Chemical Sciences
M.V. Patshina, PhD in Technical Sciences
K.A. Ivantsova, Student
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia
E-mail: tppgs@kemsu.ru

Keywords: extract, pomegranate peel powder, antioxidant activity, phenolic compounds.

Abstract. *Domestic and foreign scientists are constantly working to find natural antioxidants that prove to consumers that they are safer and healthier. Various plant materials, including various processed fruits and vegetables, are valuable sources of antioxidants. These compounds include phenolic compounds, which can measure antioxidant activity against radicals and inhibit the oxidation of lipids and proteins. Leather ensures that the product's by-products also provide a source of polyphenolic compounds that may provide an alternative to synthetic antioxidants. We have researched obtaining extracts from powdered pomegranate casings and*

assessing their antioxidant activity. A 40% aqueous ethanol and distilled water solution are used as extractants. Identification methods by UV spectroscopy have shown that the predominant components in certain extracts are phenols and phenolic acids, including gallic acid, as well as flavonoids and tannins, such as catechins and punicalagin. The obtained extracts showed scavenger activity towards DPPH• and ABTS•+ radicals. At the same time, the antioxidant activity of the alcoholic extract against DPPH• was 3.6% higher than that of the aqueous extract. The activity of pomegranate peel powder extract towards the ABTS•+ radical cation did not depend on the nature of the solvent. The experimental data obtained allow us to consider extracts of powdered pomegranate casings as alternatives to synthetic antioxidants in the technology of meat and meat products.

Мясо и мясные продукты, являясь источником белков, жиров, минеральных веществ и витаминов, составляют неотъемлемую часть рациона современного человека, несмотря на новые диетические тенденции, которые направлены на сокращение потребления мяса или полный отказ от него. Во всем мире развитие мясной промышленности происходит под влиянием географических, политических, экономических, религиозных факторов и потребительских предпочтений, при этом особое внимание уделяется обеспечению качества, безопасности и удлинению сроков хранения мяса и готовой продукции.

Второй по значимости причиной порчи мяса и мясных продуктов, после микробиальной, является окислительная порча. Окислению подвергаются, в первую очередь, липиды, в результате чего происходит ухудшение органолептических характеристик, снижение пищевой ценности продуктов. Наряду с жирами окислению подвержены и белки мяса. Окисление происходит в результате ковалентной модификации под прямым влиянием активных форм кислорода или реакции со вторичными продуктами окисления. Процесс окисления белков сопровождается их фрагментацией и агрегированием, что приводит к ухудшению функциональных свойств мяса, его качества и снижению пищевой и биологической ценности.

Кроме того, процесс окисления сопровождается образованием соединений, обладающих цитотоксическим, мутагенным и окислительным действием на клетки организма, провоцируя тем самым старение и развитие онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний [1].

Для предотвращения последствий окисления в технологии мясных продуктов широко используют антиоксиданты. Так, в качестве антиокислителей используют производные фенола (бутилгидроксианизол (БОА) и бутилгидрокситолуол (БОТ)), эфиры галловой кислоты (галлаты), аскорбиновую кислоту и ее соли. Антиокислительную активность, благодаря хелатирующей способности, проявляют традиционно используемые в мясной промышленности фосфатные препараты. Все перечисленные синтетические антиокислители безопасны для человека при их использовании в соответствии с действующими законодательными нормами. Вместе с тем осведомленность потребителей о возможных аллергических реакциях, потенциальном канцерогенном действии, нарушении обменных процессов у детей и беременных женщин при длительном использовании синтетических антиоксидантов увеличивает спрос на натуральные соединения, которые обладают антиоксидантным действием. Кроме того, использование натуральных антиоксидантов позволяет производителям удовлетворять потребности потребителей в продуктах с «чистой» этикеткой, состоящих из натуральных ингредиентов [2, 3].

Природные антиоксиданты из растений можно разделить на три основных класса: фенольные соединения, витамины и каротиноиды. Фенольные соединения демонстрируют большое разнообразие структур: от соединений с одним ароматическим кольцом, например, феруловой кислоты, ванилина, галловой кислоты и цеиновой кислоты, до полициклических соединений полифенолов, таких как дубильные вещества и флавоноиды. Некоторые фенольные соединения помимо того, что являются соединениями с антиоксидантной активностью, проявляют противомикробную и противогрибковую активность и оказывают важное влияние на вкус и консистенцию пищевых продуктов. Среди витаминов наиболее важными являются витамины Е и С. Большинство каротиноидов (каротин, β-каротин, ликопин и лютеин) также являются соединениями с антиоксидантной активностью [3, 4].

Большинство природных антиоксидантов получают из растительных материалов, таких

как фрукты, овощи, травы и специи. В качестве источников природных антиоксидантов широко используются розмарин, орегано, тимьян, майоран, шалфей, базилик, пажитник, фенхель, кориандр и душистый перец, как в виде растительного сырья, так и в виде эфирных масел [3–5].

При переработке фруктов, овощей и бобовых образуется большое количество побочных продуктов переработки, таких как кожура, сердцевина, семена, листья, которые могут быть использованы как источники полифенолов, антоцианов, катехинов, фенольных кислот, обладающих антиоксидантным действием. При этом следует принимать во внимание тот факт, что содержание активных компонентов в несъедобных частях часто более высокое, чем в съедобных [3, 6].

Так исследования A.I. Andrés и др. [7, 8] показали, что экстракты из томатного жмыха (смесь кожуры, сердцевины и измельченных семян), жмыха красного винограда и оливок проявляют антиоксидантную активность в отношении липидов и белков при хранении охлажденной баранины в течение 7 суток. Кроме этого, использование экстрактов для поверхностной обработки баранины способствовало снижению уровня микробной обсемененности сырья. Аналогичные зависимости получены в отношении экстракта зеленого чая, богатого катехином, мирицетином, кверцетином и кемпферолом. Поверхностная обработка экстрактом зеленого чая отбивных из баранины стабилизировала цветовые характеристики охлажденных полуфабрикатов, снижая при этом количество метмиоглобина и ингибируя процессы окисления липидов [9]. Экспериментально доказана антиоксидантная активность экстрактов из виноградных косточек, виноградного и апельсинового жмыха, порошка брокколи при их использовании в технологии мясных полуфабрикатов [10]. Использование таких пищевых отходов позволило бы сократить количество побочного сырья и расширить число источников растительных натуральных антиоксидантов, которые могут быть использованы при производстве пищевых продуктов, в том числе мясных.

К фруктам, богатым антиоксидантами, которые содержатся как в съедобных, так и несъедобных частях, относится гранат. Гранаты в основном перерабатываются в пищевой промышленности для получения соков или джемов из плодов, а кожура, составляющая около 50% массы свежих фруктов, является отходом. Известно, что кожура граната характеризуется более высоким содержанием пищевых волокон и полифенолов, обладающих антиоксидантным действием, по сравнению с мякотью плода, что позволяет рассматривать её как источник получения экстрактов, в том числе для пищевой промышленности [11].

Целью данного исследования являлось изучение состава и антиоксидантной активности экстракта порошка кожуры граната в зависимости от вида экстрагента для получения экспериментальных доказательств их антиоксидантной активности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись водный и водно-спиртовой экстракты порошка кожуры граната.

Гранаты были куплены в торговых сетях г. Кемерово в декабре 2022 г. – январе 2023 г. Кожуру граната сушили на воздухе при температуре 22±2°С в течение 7 дней и измельчали до получения порошка. Полученный растительный материал до получения экстракта хранили в сухом месте.

Для приготовления экстракта 1 г порошка смешивали с 20 мл растворителя. В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду и 40%-й водный раствор этанола. Экстракцию проводили при температуре 22±2°С в течение 24 ч при постоянном перемешивании растворов на магнитной мешалке. После этого экстракционную смесь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 10 мин. После центрифугирования экстракт отделяли и растворитель выпаривали при температуре, эквивалентной температуре кипения растворителя, до уменьшения объема экстракта вдвое. Готовые экстракты собирали в стеклянные колбы с притертой крышкой и хранили при температуре 0-4°С и использовали для анализа состава и антиоксидантной активности.

Определение качественного состава экстрактов и идентификацию классов соединений выполняли методом УФ-спектроскопии на спек-

трофотометре СФ-2000 (производитель ОКБ «Спектр», Россия) при длине волны 200–900 нм с использованием кюветы толщиной слоя 1 см при разведении экстракта соответствующим растворителем в соотношении 1 : 600. УФ-спектр представляет собой график и записывается в виде зависимости интенсивности поглощения от длины волны. Возникновение УФ-спектра связано с поглощением света органическими соединениями в ближней (200–400 нм) и видимой (400–800 нм) областях [12, 13].

Антиоксидантную активность с помощью DPPH–радикалов определяли по методу Хао [14].

Анализ стабильного 1,1-дифенил-2-пикрилгидразил-радикала (DPPH) использован для оценки способности антиоксидантов поглощать стабильный радикал DPPH•. В случае проявления антиоксидантной способности экстракта при взаимодействии исследуемых веществ с DPPH наблюдается снижение содержания свободных радикалов DPPH• в системе.

Исследуемые образцы смешивали с 0,05 моль/л (pH 7,4) трис-HCl-буфера и 0,15 ммоль/л рабочего раствора DPPH. Смесь перемешивали и оставляли на 30 мин в темноте. Поглощение для образцов ($Abs_{об}$) регистрировали при 517 нм с использованием устройства для считывания микропланшетов (многорежимный ридер GloMax Multi, производитель Promega, США). Поглощение контроля (К1) было получено путем замены образца этанолом (96% об.). В качестве другого контроля (К2) брали величину поглощения реактива DPPH в отсутствие образца.

Активность по удалению радикалов в процентах (% АОА) рассчитывали по формуле

$$AOA = \left(\frac{Abs_{K2} - Abs_{об}}{Abs_{K2} - Abs_{K1}}\right) \times 100\,\%$$

Определение антиоксидантой активности с помощью ABTS проводили по методу Re [15].

Тест на обесцвечивание катион-радикалов ABTS•$^{+}$ (2,2’-азинобис(3-этилбензотиазолин-6-сульфокислота) диаммониевая соль) широко применяется для оценки антиоксидантной активности различных веществ. Исходный раствор ABTS с концентрацией 140 ммоль/л разбавляли водой до концентрации 14 ммоль/л. Образец смешивали с раствором ABTS. Смесь тщательно перемешивали и оставляли на 30 мин в темном месте при комнатной температуре. По истечении времени определяли оптическую плотность полученного раствора образца ($Abs_{об}$) при длине волны 574 нм на спектрофотометре UV 1800 Shimadzu (Япония) в кюветах толщиной 1 мм. В качестве контроля для определения антиоксидантной активности послужил раствор реактива ABTS ($Abs_{К}$).

Активность по удалению радикалов в процентах игрибирования (% АОА) рассчитывали по формуле

$$AOA = \frac{(Abs_{К} - Abs_{об})}{Abs_{К}} \times 100\,\%$$

Все определения проводили в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно литературным данным, в составе кожуры граната потенциальным антиоксидантным действием обладают фенольные соединения, такие как фенольные кислоты, флавоноиды (флаваноны, флавоны, флавонолы, ауроны и др.), которые отличаются по своим спектральным характеристикам [16].

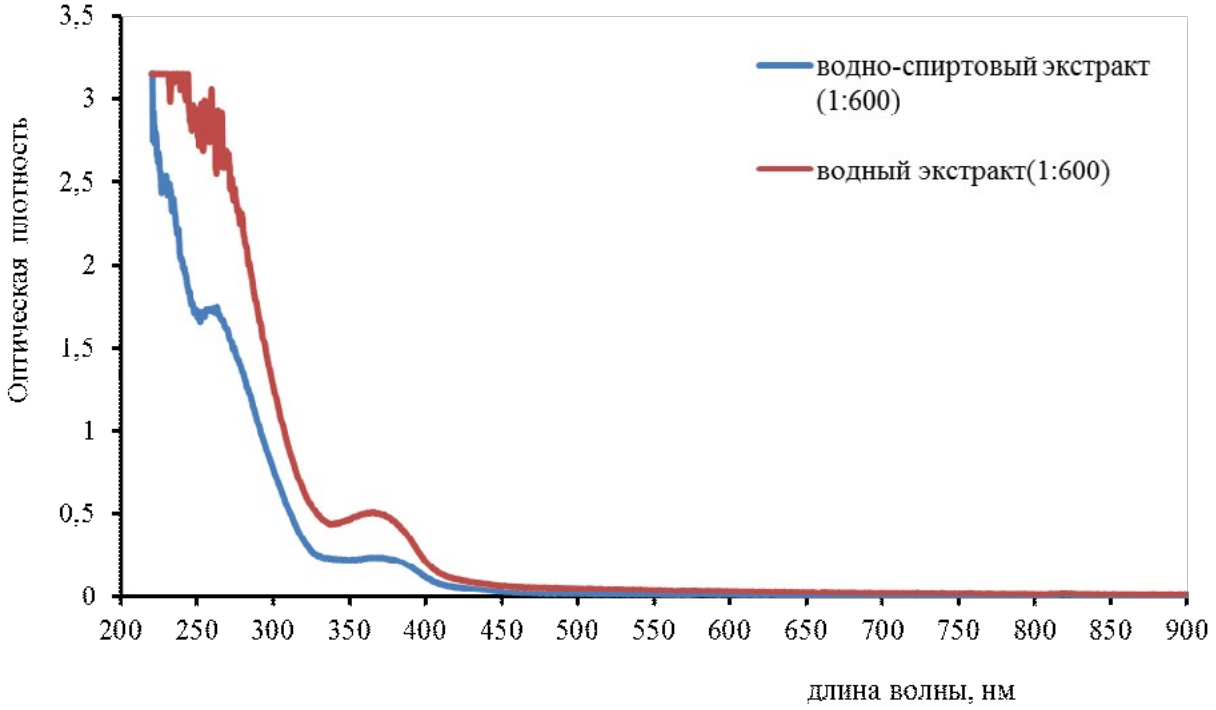
Для идентификации состава экстрактов порошка кожуры граната были получены спектры поглощения в диапазоне длин волн от 200 нм до 900 нм, представленные на рисунке.

Согласно УФ-спектрам (см. рисунок, *а*) исследуемые экстракты поглощают свет в области спектра 200–400 нм, что свидетельствует о наличии в их составе фенольных соединений.

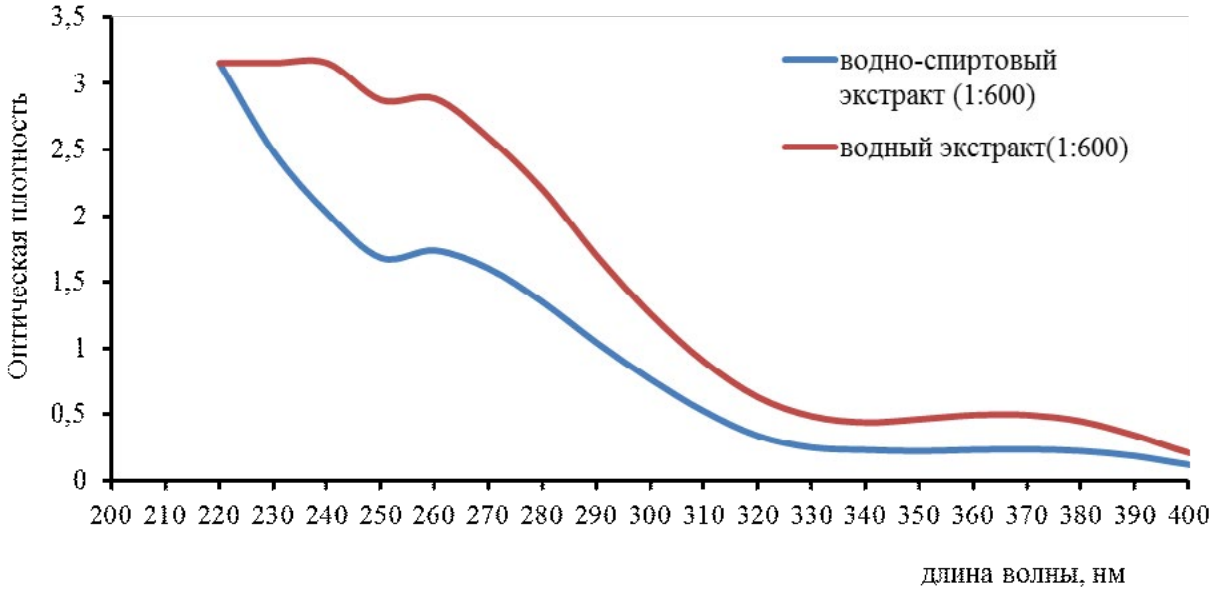
Для оценки качественного состава фенольных соединений были получены УФ-спектры в диапазоне 200–400 нм (см. рисунок, *б*), которые позволили выявить два выраженных пика при λ_{max} =230–240 нм и λ_{max} =260 нм, а также менее выраженную, но достаточно широкую полосу в диапазоне λ_{max} =320–380 нм.

Наличие пика при λ_{max} = 260 нм свидетельствует о присутствии в составе экстрактов фенолов и фенольных кислот, а именно галловой кислоты (λ_{max} = 266 нм). Этот максимум характерен для конденсированных дубильных веществ – катехинов (λ_{max} = 265нм) и полифенольного гидролизуемого дубильного вещества пуникалагина (λ_{max} = 258 нм). Кроме

того, диапазон λ_{max} = 200–240 нм характерен для фенольных кислот с боковой цепью в пара-положении или с насыщенными пара-заместителями. Наличие пиков при λ_{max} = 240 нм и λ_{max} =260 нм свидетельствует о присутствии в составе экстрактов флавоноидов. Широкая полоса в диапазоне 350–380 нм более выражена для водного экстракта. Она характерна для флавонолов, проантоцианидина и конденсированных дубильных веществ, эффективно извлекаемых с помощью водной и водно-спиртовой экстракции [13, 17, 18].



а) диапазон длин волн 200–900 нм
wavelength 200–900 nm



б) диапазон длин волн 200–400 нм
wavelength range 200–400 nm

УФ-спектры поглощения водных и спиртовых экстрактов порошка кожуры граната
UV absorption spectra of aqueous and alcoholic extracts of pomegranate peel powder

Практически полная идентичность кривых поглощения водного и спиртового экстракта свидетельствует о том, что вид экстрагента не оказал существенного влияния на качественный состав экстракта.

На антиоксидантную активность растительных экстрактов влияет метод экстракции и вид используемого растворителя. Результаты определения антиоксидантной активности исследуемых экстрактов представлены в таблице.

Антиоксидантная активность экстрактов порошка кожуры граната
Antioxidant Activity of Pomegranate Peel Powder Extracts

Вид экстракта	Антиоксидантная активность (АОА), %	
	АОА DPPH	АОА ABTS
Водный экстракт	85,66 ± 0,24	91,24 ± 0,67
Водно-спиртовой экстракт	88,76 ± 0,52	91,76 ± 0,43

Все исследуемые образцы проявляли акцепторную активность в отношении стабильных радикалов DPPH• и ABTS•$^{+}$. При этом антиоксидантная активность водно-спиртового экстракта выше, чем водного, на 3,6% и составила 88,76% в отношении радикалов DPPH•. Полученные данные означают, что в водно-спиртовом экстракте содержится большее количество фенольных соединений, способных ингибировать свободные радикалы DPPH•.

Исследуемые экстракты обладают высокой способностью поглощать свободные катион-радикалы ABTS•$^{+}$. Согласно экспериментальным данным, она не зависит от природы растворителя, используемого для экстракции.

Высокий антиоксидантный эффект обусловлен главным образом активностью фенольных соединений, содержащихся в исследуемых экстрактах, по удалению свободных радикалов. Присутствие фенольных соединений подтверждено УФ-спектроскопией. Антиоксидантная активность фенольных соединений обусловлена, прежде всего, их окислительно-восстановительными свойствами, а именно, способностью адсорбировать и нейтрализовать свободные радикалы, тушить синглетный и триплетный кислород и разрушать пероксиды [19].

Результаты показали, что исследуемые экстракты порошка кожуры граната характеризуются высокой антиоксидантной активностью. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о перспективности дальнейших исследований, направленных на оценку влияния экстрактов порошка кожуры граната на интенсивность протекания окислительных процессов в мясном сырье и готовых продуктах с высоким содержанием жира.

ВЫВОДЫ

1. Использование УФ-спектроскопии позволило идентифицировать состав водного и водно-спиртового экстракта порошка кожуры граната. Установлено, что исследуемые экстракты являются источником фенольных соединений, в том числе фенолов, фенольных кислот, флавонолов и проантоцианидина.

2. Антиоксидантная активность водно-спиртового экстракта порошка кожуры граната в отношении стабильного радикала DPPH• на 3,6% выше, чем водного экстракта.

3. Экстракты проявляют высокую антиоксидантную активность в отношении свободных катион-радикалов ABTS•$^{+}$, которая не зависит от природы экстрагента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *A comprehensive* review on lipid oxidation in meat and meat products / R. Domínguez, M. Pateiro, M. Gagaoua [et al.] // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8 (10). – P. 429. – DOI: 10.3390/antiox8100429.
2. Alternative to Artificial Preservatives / Kamala Kumari P.V., Akhila S., Srinivasa R.Y. [et al.] // Systematic Reviews in Pharmacy. – 2019. – Vol. 10 (1). – P. 99–102. – DOI: 10.5530/srp.2020.1.01.

3. *Lourenço S.C, Moldão-Martins M., Alves V.D.* Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – P. 4132. – doi.org/10.3390/molecules24224132.
4. *Natural* polyphenols: An overview / M. Abbas, F. Saeed, F.M. Anjum [et al.] // Int. J. Food Prop. – 2017. – Vol. 20. – P. 1689–1699. – https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393.
5. *Мышалова О.М.* Изучение антиоксидантной активности эфирных масел при изготовлении копченых колбас из мяса маралов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 46 (3). – С. 67–73. – DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-67-73.
6. *Ready-to-use* green polyphenolic extracts from food by-products / M. Panić, M. Radić Stojković, K. Kraljić [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 283. – P. 628–636. – https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.061.
7. *Effect* of Tomato Pomace Extracts on the Shelf-Life of Modified Atmosphere-Packaged Lamb / A.I. Andres, M.J. Petron, J. Delgado-Adamez [et al.] // Meat. Journal of Food Processing and Preservation. – 2017. – Vol. 41. – P. e13018. – https://doi.org/10.1111/jfpp.13018.
8. *Food by-products* as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties / A.I. Andrés, M.J. Petrón, J.D. Adámez [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 129. – P. 62–70. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.013.
9. *Effect* of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions / M. Bellés, V. Alonso, P. Roncalés [et al.] // Meat Science. – 2017. – Vol. 129. – P. 153–160. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.003.
10. *Biopreservative* efficacy of grape (*Vitis vinifera*) and clementine mandarin orange (*Citrus reticulata*) by-product extracts in raw ground beef patties / T. Bambeni, T. Tayengwa, O.C. Chikwanha [et al.] // Meat Sci. – 2021. – Vol. 181. – P. 108609. – https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108609.
11. *Pomegranate* Peel Extract as an Inhibitor of SARS-CoV-2 Spike Binding to Human ACE2 Receptor (in vitro): A Promising Source of Novel Antiviral Drugs / A. Tito, A. Colantuono, L. Pirone [et al.] // Front. Chem. – 2021. – Vol. 9. – P. 638187. – https://doi.org/10.3389/fchem.2021.638187.
12. *Phytochemicals*: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts / A. Altemimi, N. Lakhssassi, A. Baharlouei [et al.] // Plants. – 2017. – Vol. 6 (4). – P. 42. – https://doi.org/10.3390/plants6040042.
13. *Блажей А., Шутый Л.* Фенольные соединения растительного происхождения. – М.: Мир, 1977. – 240 с.
14. *Jing H., Kitts D.* Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 2004. – Vol. 429 (2). – P. 154–163. – https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.06.019.
15. *Antioxidant* activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente [et al.] // Free radical biology and medicine. – 1999. – Vol. 26 (9–10). – P. 1231–1237. – https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
16. *Primary* metabolites, anthocyanins and hydrolizable tannins in the pomegranate fruit / I. Bar-Ya'Akov, L.Tian, R. Amir [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2019. – Vol. 10. – P. 620. – https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620.
17. *Соловьева Н.А., Хижняк С.Д., Пахомов П.М.* Спектроскопическое определение содержания фенольных соединений в растениях, подверженных антропогенному влиянию // Вестник Тверского государственного университета. серия: Химия. – 2019. – № 2 (36). – С. 95–106. – DOI: 10.26456/vtchem2019.2.6.
18. *Determination* of Ellagic Acid, Punicalagin, and Castalagin from Terminalia ferdinandiana (Kakadu plum) by a Validated UHPLC-PDA-MS/MS Methodology / A. Saleha, H. Hung, N. Michael [et al.] // Food Analytical Methods. – 2021. – Vol. 4 (2). – P. 2534–2544. – DOI: 10.1007/s12161-021-02063-8.
19. *Asadujjaman Md., Hossain Md.A., Karmakar U.K.* Assessment of DPPH free radical scavenging activity of some medicinal plants // Pharmacologyonline. – 2013. – Vol. 1. – P. 161–165 https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2013/vol1/PhOL_2013_1_A022_041_Asadu.pdf.

REFERENCES

1. Domínguez R., Pateiro M., Gagaoua M. et al., A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products, *Antioxidants*, 2019, Vol. 8 (10), pp. 429, doi: 10.3390/antiox8100429.

2. Kamala Kumari P.V, Akhila S., Srinivasa R.Y. et al., Alternative to Artificial Preservatives, *Systematic Reviews in Pharmacy*, 2019, Vol. 10 (1), pp. 99–102, doi: 10.5530/srp.2020.1.01.
3. Lourenço S.C, Moldão-Martins M., Alves V.D., Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications*, Molecules*, 2019, Vol. *24*, pp. 4132, doi.org/10.3390/molecules24224132.
4. Abbas M., Saeed F., Anjum F.M. et al., Natural polyphenols: An overview, *Int. J. Food Prop.,* 2017, Vol. 20, pp. 1689–1699, https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1220393.
5. Myshalova O.M., *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2017, No 46 (3), pp. 67–73, DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-67-73. (In Russ.)
6. Panić M., Radić Stojković M., Kraljić K. et al., Ready-to-use green polyphenolic extracts from food by-products, *Food Chemistry*, 2019, Vol. 283, pp. 628–636, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.061.
7. Andres A.I., Petron M.J., Delgado-Adamez J. et al., Effect of Tomato Pomace Extracts on the Shelf-Life of Modified Atmosphere-Packaged Lamb, *Meat. Journal of Food Processing and Preservation*, 2017, Vol. 41, pp. e13018, https://doi.org/10.1111/jfpp.13018.
8. Andrés A.I., Petrón M.J., Adámez J.D. et al., Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties, *Meat Science*, 2017, Vol. 129, pp. 62–70, https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.013.
9. Bellés M., Alonso V., Roncalés P. et al., Effect of borage and green tea aqueous extracts on the quality of lamb leg chops displayed under retail conditions, *Meat Science*, 2017, Vol. 129, pp. 153–160, https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.003.
10. Bambeni T., Tayengwa T., Chikwanha O.C. et al., Biopreservative efficacy of grape (*Vitis vinifera*) and clementine mandarin orange (*Citrus reticulata*) by-product extracts in raw ground beef patties, *Meat Sci.*, 2021, Vol. 181, pp. 108609, https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108609.
11. Tito A., Colantuono A., Pirone L. et al., Pomegranate Peel Extract as an Inhibitor of SARS-CoV-2 Spike Binding to Human ACE2 Receptor (in vitro): A Promising Source of Novel Antiviral Drugs, *Front. Chem.*, 2021, Vol. 9, pp. 638187, https://doi.org/10.3389/fchem.2021.638187.
12. Altemimi A., Lakhssassi N., Baharlouei A. et al., Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts, *Plants,* 2017, Vol. 6 (4), pp. 42, https://doi.org/10.3390/plants6040042.
13. Blazhei A., Shutyi L., *Fenol'nye soedineniya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* (Phenolic compounds of plant origin), Moscow: Mir, 1977, 240 p.
14. Jing H., Kitts D., Antioxidant activity of sugar-lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems, *Archives of Biochemistry and Biophysics,* 2004, Vol. 429 (2), pp. 154–163, https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.06.019.
15. Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al., Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, *Free radical biology and medicine,* 1999, Vol. 26 (9–10), pp. 1231–1237, https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
16. Bar-Ya'Akov I., Tian L., Amir R., et al., Primary metabolites, anthocyanins and hydrolizable tannins in the pomegranate fruit, *Frontiers in Plant Science*, 2019, Vol. 10, pp. 620, https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00620.
17. Solov'eva N.A., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M., *Vestnik tverskogo gosudarstvennogo universiteta. seriya: Khimiya,* 2019, No. 2 (36), pp. 95–106, DOI: 10.26456/vtchem2019.2.6.
18. Saleha A., Hung H., Michael N. et al., Determination of Ellagic Acid, Punicalagin, and Castalagin from Terminalia ferdinandiana (Kakadu plum) by a Validated UHPLC-PDA-MS/MS Methodology, *Food Analytical Methods*, 2021, Vol. 4 (2), pp. 2534–2544, DOI: 10.1007/s12161-021-02063-8.
19. Asadujjaman Md., Hossain Md.A., Karmakar U.K., Assessment of DPPH free radical scavenging activity of some medicinal plants, *Pharmacologyonline*, 2013. Vol. 1, P. 161–165, https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2013/vol1/PhOL_2013_1_A022_041_Asadu.pdf .

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-261-270
УДК 636.082.13/574.34

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ГЕНОФОНДНЫХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАК ОСНОВА СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

А.В. Писаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы Московской обл., Россия

E-mail: pisarenko@vij.ru

***Ключевые слова*:** генофондные породы, анализ, количество голов, тенденции, эффективная численность популяции.

Реферат. *Проведен комплексный анализ состояния отечественных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности за пятилетний период, что позволяет определить тенденции изменения численности поголовья и прогнозировать состояние пород в условиях сохранения их генофонда. Информационно-аналитической основой исследования послужили данные, приведенные в ежегодниках по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2017–2021 гг.). Были учтены такие показатели, как поголовье молочного скота, количество хозяйств, регион разведения пород. По данным за 2021 г., генетические ресурсы молочного скотоводства на 52,0% представлены отечественными породами. Наибольший удельный вес (42,35%) имеет черно-пестрая порода, а наименьший (0,005%) – тагильская. С помощью коэффициента изменчивости поголовья показаны тенденции к увеличению, сокращению или сохранению стабильности поголовья коров. Показатели его варьировали от -125,02 (сокращение поголовья) до +0,11 (увеличение поголовья). Расчет эффективной численности популяции и уровня инбридинга дает возможность прогнозировать состояние генофонда пород на определенный период. Так, горный скот Дагестана, красная горбатовская, суксунская, сычевская породы с минимальным количеством быков (1–3 головы) соответственно имеют невысокие показатели эффективной численности популяции – 4,0–11,9 головы, а ожидаемый средний коэффициент инбридинга за поколение составит от 5,62 до 16,67%. Показатель эффективной численности популяции всех остальных пород был на достаточном уровне – 76,0–975,6 головы, а коэффициент инбридинга за поколение – от 0,07 до 0,88%.*

POPULATION MONITORING OF GENE POOL BREEDS OF CATTLE AS A BASIS FOR BIODIVERSITY CONSERVATION

A.V. Pisarenko, PhD in Agricultural Sciences

Federal Research Center for Animal Husbandry - FRCAH named after Academician L. K. Ernst, village Dubrovitsy, Moscow region, Russia

E-mail: pisarenko@vij.ru

***Keywords*:** gene pool breeds, analysis, number of heads, change, practical work of the association.

Abstract. *A comprehensive analysis of the state of domestic cattle breeds for dairy production over five years was carried out, which allows us to determine changes in the composition of the livestock and predict the state of the breeds in conditions of preserving their gene pool. Information and analytical studies obtained in yearbooks on breeding work in dairy cattle breeding on farms of the Russian Federation (2017–2021). Such indicators as the number of dairy cattle, the number of farms, and the regional breeding of breeds were considered. According to data for 2021, the genetic resources of dairy cattle breeding are 52.0%, represented by domestic breeds. The black-and-white breed has the largest share (42.35%), and the Tagil breed has the most minor (0.005%). Using the coefficient of livestock variability, trends towards increasing, decreasing, or maintaining stability in the number of cows are shown. His imprisonment indicators ranged from -125.02 (decrease in population) to +0.11 (increase in population). Calculation of effective development and the level of inbreeding makes it possible to predict the state of the gene pool for the current period. Thus, mountain cattle of Dagestan, red Gorbatovskaya, Suksunskaya, and Sychevskaya breeds with the participation of bulls (1–3 heads) have low indicators of effective development efficiency - 4.0–11.9 heads, the expected average inbreeding coefficient for generating a result is from 5.62 to 16.67%. The development efficiency indicator for all other breeds was at a sufficient level - 76.0–975.6 heads, and the inbreeding coefficient per generation was from 0.07 to 0.88%.*

Популяционный мониторинг генетических ресурсов животноводства, который включает анализ динамики поголовья сельскохозяйственных животных во времени и пространстве, оценку состояния и тенденции изменения популяций, расчет популяционных параметров, позволяет определить (спрогнозировать) изменения и состояние (статус) генофондов домашних животных в условиях сохранения.

Необходимо регулярно документировать изменения численности и структуры популяций для всех пород. Это должно выполняться ежегодно, поскольку применение современных репродуктивных технологий, международная торговля, потребности рынка и политика, благоприятствующая отдельным породам, могут приводить к быстрым изменениям численности и структуры популяций породы [1].

Порода – это не только биологическая, но и экономическая категория, требующая своего понимания, спроса и покровителя. И если ученые говорят о важности сохранения генетического разнообразия, обнаруживают мутации и хромосомные аномалии, которые накапливаются в геноме, пишут об инбридинге, о рисках при разведении монопороды, то собственно производителям молока и мяса необходимо получать прибыль «здесь и сейчас», используя наиболее высокопродуктивных животных, приносящих больше прибыли. Большинство из них не могут и не хотят «возиться» с малопродуктивным скотом, который когда-нибудь, где-нибудь может быть востребован [2].

Задачей сохранения генетических ресурсов национальных и редких пород является, как уже было сказано, их использование в экономических целях, для научных исследований, культурных и исторических нужд [3].

Основными показателями, которые указывают на необходимость сохранения генетических ресурсов животных, являются численность и распространение популяции (породы, стада). Эти данные отображают изменения, связанные с перемещением особей или их выбытием.

Важное значение в сохранении и рациональном использовании генетических ресурсов животноводства имеет внутренняя структура обособленных групп животных и оптимальное взаимодействие между структурными единицами.

К структурным элементам породы относятся племенная и пользовательная (товарная) части. Основными единицами, определяющими структуру породы, являются: отродье, внутрипородный тип, породная группа, линия и семейства. Структура стада – это соотношение в стаде животных разных половых и возрастных групп (в процентах к общему поголовью), которая зависит от уровня воспроизводства. Основным показателем служит доля маток в стаде [4].

В этой связи целью данной работы является проведение комплексного анализа состояния отечественных генофондных пород для определения тенденций изменения численности поголовья, что влияет на их жизнеспособность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использованы данные, приведенные в ежегодниках по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2017–2021 гг.) [5–9]. Произведен анализ численности поголовья крупного рогатого скота, в том числе коров и быков 14 генофондных пород молочного и молочно-мясного направления продуктивности. Учтено количество хозяйств и регионы разведения пород (федеральный округ, республика, край, область). Определены тенденции к увеличению (+), сокращению (-) или сохранению стабильности (0) поголовья коров (2021 г. ± к 2017г.). Предложен коэффициент изменчивости поголовья коров, который позволяет вести оценку тенденций изменения численности поголовья по отношению к определенному промежутку времени:

$$КИП_к = \frac{n_1 - n_0}{t},$$

где $КИП_к$ – коэффициент изменчивости поголовья коров; n_1 – количество животных на конец периода, голов; n_0 – количество животных на начало периода, голов; t – длительность периода, дней.

Эффективная численность популяции рассчитана по формуле

$$N_e = \frac{4 \cdot M \cdot F}{(M+F)},$$

где M и F – количество самцов и самок, которое может быть привлечено к воспроизводству.

Ожидаемое увеличение инбридинга за поколение вычислено по формуле

$$\Delta F = \frac{100}{2 \cdot N_e},$$

где N_e – эффективная численность популяции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С 2017 по 2021 г. в Российской Федерации численность крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий уменьшилась на 1029700 голов (5,5%), в том числе коров на 442400 голов (5,4%). Однако производство молока увеличилось на 1155800 т (3,7%) [5, 9], что можно объяснить улучшением продуктивных качеств животных современными селекционно-генетическими и биотехнологическими методами, использованием высокопродуктивных импортных пород, а также созданием лучших условий кормления, содержания скота и усовершенствованием системы управления стадом.

При этом следует отметить, что на территории России разводится 26 пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности (2609590 гол.) [9]. Одной из самых многочисленных и распространенных пород является голштинская черно-пестрой масти (рисунок) [5–9].

Динамика численности поголовья крупного рогатого скота голштинской (черно-пестрой масти) породы в РФ
Dynamics of distribution of Holstein (black and white) cattle in the Russian Federation

За пять лет (2017–2021 гг.) общее поголовье скота данной породы увеличилось на 422670 голов (92,5%), коров – на 265150 голов (89,9%), быков – на 72 головы (12,0%).

На фоне сокращения общего поголовья крупного рогатого скота и добавления к голштинской породе приставки «моно» вызывает опасение состояние отечественных генофондных пород молочного и молочно-мясного направления продуктивности.

Согласно приказу МСХ РФ № 14 от 13.01.2022, утверждены как генофондные 14 пород молочного скота: бестужевская, горный скот Дагестана, истобенская, кавказская бурая, костромская, красная горбатовская, красная степная, суксунская, сычевская, тагильская, холмогорская, черно-пестрая, якутский скот, ярославская, что является первоочередной необходимостью для эффективной работы по сохранению генофонда отечественных пород, которые являются носителями ценных наследственных признаков, без которых дальнейшая селекционно-племенная работа и генетическое совершенствование животных будут односторонними.

В то же время приоритетным остается проведение популяционного мониторинга состояния и тенденций изменения генетических

ресурсов сельскохозяйственных животных (порода, стадо) на национальном, субрегиональном и региональном уровнях.

Анализ породного состава и численности поголовья племенных животных за 2021 г. показал, что 52,0% породных ресурсов молочного скотоводства представлены отечественными породами и 48,0% – импортным ввозимым и отечественной селекции скотом.

Наибольший удельный вес имеют черно-пестрая (42,35%) и голштинская черно-пестрой масти (33,70%) породы, которые составляют около ¾ всего поголовья племенного молочного скота. С учетом интенсивной голштинизации отечественных пород и в первую очередь черно-пестрого скота, в стадах которого условная кровность по улучшающей породе достигает 87,5–95,3%, можно предположить [10–12], что при проведении породной инвентаризации поголовье голштинской породы и животных, которых можно назвать «условными голштинами», значительно вырастет.

В результате анализа количества хозяйств и динамики численности поголовья генофондных пород по данным ВНИИПлем установлено ежегодное сокращение как субъектов племенного дела, так и племенного поголовья крупного рогато скота (табл. 1, 2).

В критическом положении находится тагильская порода. В наличии одно хозяйство, и наблюдается сокращение общего поголовья с 170 до 140 голов. По одному хозяйству разводят истобенскую породу и якутский скот, но здесь намечается тенденция к увеличению поголовья. Вызывают опасение и такие породы, как суксунская (за анализируемый период два хозяйства), красная горбатовская (количество хозяйств сократилось до двух), горный скот Дагестана (количество хозяйств увеличилось до трех), общее поголовье которых сократилось на 80, 230, 60 голов соответственно.

Таблица 1

Количество хозяйств генофондных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности
Number of farms with gene pool breeds of cattle for dairy productivity

Порода	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Бестужевская	48	41	36	36	31
Горный скот Дагестана	2	2	2	2	3
Истобенская	1	1	1	1	1
Кавказская бурая	-	-	6	4	4
Костромская	23	22	20	21	19
Красная горбатовская	4	3	3	3	2
Красная степная	94	90	76	72	62
Суксунская	2	1	2	2	2
Сычевская	11	10	8	8	9
Тагильская	1	1	1	1	1
Холмогорская	224	173	170	148	126
Черно-пестрая	1476	1327	1267	1164	1014
Якутский скот	1	1	1	1	1
Ярославская	68	60	62	54	46
Всего	1955	1732	1655	1517	1321

Таблица 2

Динамика численности поголовья генофондных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности
Dynamics of distribution of livestock of gene pool breeds of cattle for dairy productivity

Порода	2017 г.			2018 г.			2019 г.			2020 г.			2021 г.		
	всего	быки-производители	коровы	всего	быки-производители	коровы	всего	быки-производители	коровы	всего	быки-производители	коровы	всего	быки-производители	коровы
Бестужевская	21350	79	9990	16730	80	8490	17060	72	8000	15290	54	7320	11410	54	5780
Горный скот Дагестана	750	9	450	740	9	450	660	4	450	650	6	440	690	3	420
Истобенская	700	-	460	700	-	460	760	-	460	790	-	460	790	-	460
Кавказская бурая	-	-	-	-	-	-	2250	6	1360	1960	9	1150	1800	-	1190
Костромская	9960	4	6160	9320	10	5840	8320	16	5250	9690	23	6090	8460	28	5250
Красная горбатовская	1250	1	840	1100	-	790	1130	-	800	1100	1	810	1020	1	740
Красная степная	102840	25	59480	107890	59	61180	89950	18	53580	86110	23	49790	70360	19	40940
Суксунская	2040	-	1250	1580	-	1000	1970	-	1250	2000	-	1260	1960	1	1260
Сычевская	8330	18	4680	6460	8	3820	6360	6	3810	5810	3	3580	6380	2	3880
Тагильская	170	1	100	190	1	100	170	-	100	150	-	100	140	-	100
Холмогорская	187970	136	105760	148020	55	86990	140880	64	83330	135090	69	79980	115360	71	68670
Черно-пестрая	1503670	610	879160	1345410	298	797140	1320490	268	778980	1244850	276	742400	1105200	244	651000
Якутский скот	270	19	100	300	19	110	310	16	100	640	29	270	700	24	300
Ярославская	46140	87	28280	42950	86	26490	40290	39	25670	38060	34	23900	32880	27	20690

Таблица 3

Состояние и тенденции изменения популяций генофондных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности (2021 г.)
Status and changes in populations of gene pool breeds of cattle for dairy productivity (2021)

Порода	Кол-во федеральных округов разведения	Количество хозяйств в федеральном округе	Количество субъектов разведения	Количество хозяйств в субъекте	Тенденция изменения поголовья коров (± к 2017 г.)		
					гол.	%	$КИП_к$
Бестужевская	1	31	2	29-2	-4210	42,1	-2,31
Горный скот Дагестана	1	3	1	3	-30	6,7	-0,02
Истобенская	1	1	1	1	0	0,0	0,00
Кавказская бурая	1	4	1	4	-170*	12,5	-0,16
Костромская	2	18-1	5	5-2-10-1-1	-910	14,8	-0,50
Красная горбатовская	2	1-1	2	1-1	-100	11,9	-0,05
Красная степная	5	10-3-31-6-12	12	3-1-6-3-22-1-8-2-4-7-3-2	-18540	31,2	-10,16
Суксунская	1	2	1	2	+10	0,8	+0,01
Сычевская	1	9	3	1-7-1	-800	17,1	-0,44
Тагильская	1	1	1	1	0	0,0	0,00
Холмогорская	4	17-51-49-9	14	5-1-10-1-1-10-23-17-2-22-17-8-3-6	-37090	35,1	-20,32
Черно-пестрая	8	172-83-24-543-84-95-9-4	53	1-9-40-1-12-4-13-1-4-42-11-15-3-2-1-7-6-48-6-17-6-6-22-2-141-12-8-16-153-20-71-42-1-5-42-27-5-6-63-9-5-1-42-3-11-8-12-8-11-1-4-4-4	-228160	26,0	-125,02
Якутский скот	1	1	1	1	+200	200,0	+0,11
Ярославская	3	35-8-3	3	35-8-3	-7590	26,8	-4,16

* по кавказской бурой породе разница в поголовье коров рассчитана с 2019 г.

С 2019 г. появилась информация о хозяйствах, разводящих кавказскую бурую породу, которых на тот момент было 6, но уже в последующие годы отмечено сокращение их числа и поголовья как общего, так и маточного. В 2021 г. наибольшее количество хозяйств разводят черно-пеструю и холмогорскую породы. По остальным породам количество хозяйств варьирует от 9 (сычевская) до 62 (красная степная). Для этих пород также характерно ежегодное сокращение хозяйств и поголовья.

Оценка состояния и тенденций изменения популяций генофондных пород показала (табл. 3), что самой распространенной является черно-пестрая порода (разводится во всех федеральных округах). Наибольшее количество хозяйств (543) находится в Приволжском федеральном округе и только 4 в Северо-Кавказском. Следующей наиболее распространенной породой является красная степная, которая разводится в 5 федеральных округах (Южный, Северо-Кавказский, Приволжский, Сибирский и Дальневосточный). Количество хозяйств в зависимости от округа варьирует от 3 до 31. Холмогорская порода представлена в 4 федеральных округах (Северо-Западный, Центральный, Приволжский, Дальневосточный) с общим количеством хозяйств 126. Ярославскую породу разводят в 3 федеральных округах (Центральный, Северо-Западный, Северо-Кавказский) в 46 хозяйствах.

Костромская и красная горбатовская породы разводятся в Центральном и Приволжском федеральных округах. География разведения остальных пород ограничивается каким-либо одним федеральным округом.

Количество субъектов (республика, край, область) разведения генофондных пород также разнообразно и варьирует от 1 (горный скот Дагестана, истобенская, кавказская бурая, суксунская, тагильская, якутский скот) до 53 (черно-пестрая).

Анализ тенденций увеличения, сокращения или стабильности поголовья за определенный временной отрезок дает возможность предпринимать обоснованные действия в отношении изменений стратегии сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных животных.

С помощью коэффициента изменчивости поголовья, который учитывает изменения и размер анализируемой группы животных за определенный период, определены тенденции развития поголовья коров.

Так, стабильной на протяжении пяти лет остается численность маточного поголовья истобенской и тагильской пород, что подтверждается коэффициентом изменчивости поголовья, который составил 0,00.

Отрицательными коэффициентами изменчивости поголовья коров, что указывает на сокращение животных, характеризуются 10 генофондных пород. В зависимости от размера популяций $КИП_к$ имеет различные значения: от -125,02 (численность коров черно-пестрой породы сократилась на 228160 голов) до -0,02 (маточное поголовье горного скота Дагестана сократилось на 30 голов). Только две генофондные породы имеют положительные значения коэффициента. По суксунской породе он был на уровне +0,01, что указывает на незначительное увеличение числа коров (10 голов). У якутского скота при увеличении маточного поголовья за пятилетний период на 200 голов коэффициент составил +0,11.

Необходимым условием для сохранения генофонда сельскохозяйственных животных является наличие достаточного количества самцов (замороженного семени), что предотвращает появление инбридинга и способствует поддержанию генетического разнообразия на породном и популяционном уровнях.

Поддержание генетического разнообразия является одной из основных целей при сохранении малочисленных популяций, так как они значительно подвержены потере генетической изменчивости (генетический дрейф), что может привести к их гибели [13, 14].

Было определено соотношение полов (табл. 4), которое показало крайнюю потребность в быках-производителях для дальнейшей работы по сохранению и рациональному использованию генофонда отечественных пород. Здесь следует отметить, что, по анализируемым данным, у истобенской, кавказской бурой и тагильской пород нет быков, поэтому все последующие расчеты не произведены.

От соотношения размножающихся самцов и самок зависит эффективная численность популяции, которая показывает число особей от общей популяции, принимающих участие в воспроизводстве и передающих свой генофонд следующему поколению [4].

Таблица 4

Популяционные показатели генофондных пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности
Population indicators of gene pool breeds of cattle for dairy productivity

Порода	Соотношение полов (♂/♀)	Ne	Ne_s	ΔF	$ΔF_{25}$	$ΔF_{50}$
Бестужевская	1:107,0	214,0	160,5	0,31	1,52	3,04
Горный скот Дагестана	1:140,0	11,9	8,9	5,62	27,55	55,10
Истобенская	-	-	-	-	-	-
Кавказская бурая	-	-	-	-	-	-
Костромская	1:187,5	111,4	83,6	0,60	2,94	5,88
Красная горбатовская	1:740,0	4,0	3,0	16,67	81,72	163,43
Красная степная	1:2154,7	76,0	57,0	0,88	4,31	8,62
Суксунская	1:1260,0	4,0	3,0	16,67	81,72	163,43
Сычевская	1:3190	8,0	6,0	8,33	40,83	81,67
Тагильская	-	-	-	-	-	-
Холмогорская	1:967,2	283,7	212,8	0,23	1,13	2,25
Черно-пестрая	1:2668,0	975,6	731,7	0,07	0,34	0,69
Якутский скот	1:12,5	88,9	66,7	0,75	3,68	7,35
Ярославская	1:766,3	107,9	80,9	0,62	3,04	6,08

Примечание. Ne^* – эффективная численность популяции, голов; Ne_s^* – эффективная численность популяции при селекционном давлении, голов; $ΔF^*$ – уровень инбридинга за поколение, %; $ΔF_{25}^*$ – уровень инбридинга за 25 лет воспроизводства, %; $ΔF_{50}^*$ – уровень инбридинга за 50 лет воспроизводства, %.
Note. Ne* – adequate power supply power, heads; Nes* – effective observation under selective lighting, heads; ΔF* – level of inbreeding per generation, %; ΔF25* – level of inbreeding over 25 years of reproduction, %; ΔF50* – level of inbreeding over 50 years of reproduction, %.

Горный скот Дагестана, красная горбатовская, суксунская, сычевская породы с минимальным количеством быков (1–3 головы) соответственно имеют невысокие показатели эффективной численности популяции, а если учесть селекционное давление, которое при сохранении этих пород надо исключать, то количество особей для воспроизводства ещё больше сократится.

Зная эффективную численность популяции для той или иной структуры воспроизводства, можно прогнозировать инбридинг [15]. Для вышеуказанных пород ожидаемый средний коэффициент инбридинга за поколение составит от 5,62 до 16,67%. При расчете величины ожидаемого увеличения инбридинга на протяжении 25 лет воспроизводства показатели будут на уровне 27,55–81,72%, а на протяжении 50 лет – 55,10–163,43%.

Показатель эффективной численности популяции всех остальных пород с количеством быков от 19 (красная степная) до 244 (черно-пестрая) был на достаточном уровне, чтобы при спланированном подборе родительских пар и дальнейших ротациях линий свести к минимуму инбридинг. С учетом селекционного давления (при работе с оставшимися породами его невозможно полностью исключить) коэффициент инбридинга за поколение составит от 0,07 до 0,88%. При воспроизводстве животных на протяжении 25 или 50 лет инбридинг увеличится до 0,34–4,31 или 0,69–8,62% соответственно, что ещё раз подтверждает возможность ведения эффективной работы по сохранению генофонда данных пород на протяжении длительного времени.

ВЫВОДЫ

1. Анализ динамики численности поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности и оценка состояния, тенденций изменения популяций показали ежегодное сокращение отечественных породных ресурсов,

которые составляют 52,0% от общей численности поголовья племенных животных.

2. Предложен коэффициент изменчивости поголовья коров, позволяющий вести оценку тенденций изменения численности поголовья по отношению к определенному промежутку времени.

3. Расчеты таких популяционных показателей, как эффективная численность популяции и уровень инбридинга, позволяют контролировать и прогнозировать состояние генофонда пород. Однако точность таких расчетов зависит от наличия данных о поголовье всех половозрастных групп по каждой породе (стаду).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания № 0445-2021-0016.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Состояние* всемирных генетических ресурсов животных в сфере продовольствия и сельского хозяйства: пер. с англ. / ФАО. – М.: ВИЖ РАСХН, 2010. – 512 с.
2. *Столповский Ю.А., Гостева Е.Р., Солоднева Е.В.* Генетические и селекционные аспекты истории развития скотоводства на территории России. – М.: Акварель, 2022. – 88 с.
3. *Паронян И.А.* Генетические ресурсы сельскохозяйственных животных. – СПб.: Проспект Науки, 2016. – 272 с.
4. *Паронян И.А., Егиазарян А.В.* Домашние, сельскохозяйственные и промысловые животные. – СПб.: Нестор-История, 2011. – 588 с.
5. *Ежегодник* по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2017 год). – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2018. – 274 с.
6. *Ежегодник* по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2018 год). – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2019. – 272 с.
7. *Ежегодник* по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019 год). – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2020. – 270 с.
8. *Ежегодник* по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2020 год). – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2021. – 265 с.
9. *Ежегодник* по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год). – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2022. – 262 с.
10. *Влияние* уровня голштинизации на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы / С.Л. Гридина, В.Ф. Гридин, Д.В. Сидорова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 60–61. – DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10816.
11. *Оценка* эффекта голштинизации в популяции черно-пестрого скота Подмосковья / А.А. Сермягин, Е.Н. Нарышкина, И.С. Недашковский [и др.] // АгроЗооТехника. – 2018. – Т. 1 № 3. – С. 1–13. – DOI: 10.15838/alt.2018.1.3.1.
12. *Скрещивание* черно-пестрой породы коров как способ улучшения технологических характеристик молока-сырья / Н.Д. Родина, А.П. Симоненкова, Е.Н. Демина [и др.] // Ползуновский вестник. – 2022. – №1. – С. 47–54. – DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.006.
13. *Caballero A., Toro M.A.* Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations // Genet. Res. – 2000. – Vol. 75, N 3. – P. 331–343. – https://doi.org/10.1017/S0016672399004449.
14. *Breeding* strategies to optimize effective population size in low census captive populations: the case of *Gazella cuvieri.* / C. Ojeda-Marín, I. Cervantes, E. Moreno [et al.] // Animals. – 2021. – Vol. 11, N 6. – P. 1559. – https://doi.org/10.3390/ ani11061559.
15. *Кузнецов В.М.* Инбридинг в животноводстве: методы оценки и прогноза. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 66 с.

REFERENCES

1. *Sostoyanie vsemirnykh geneticheskikh resursov zhivotnykh v sfere prodovol'stviya i sel'skogo khozyaistva* (The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture), Per. s angl. FAO. 2010, Moscow: VIZh RASKhN, 2010, 512 p. (In Russ.)

2. Stolpovskii Yu.A., Gosteva E.R., Solodneva E.V., *Geneticheskie i selektsionnye aspekty istorii razvitiya skotovodstva na territorii Rossii* (Genetic and selection aspects of the history of the development of cattle breeding in Russia), Moscow: Akvarel', 2022, 88 p.
3. Paronyan I.A., *Geneticheskie resursy sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Genetic resources of farm animals), Sankt-Peterburg: Prospekt Nauki, 2016, 272 p.
4. Paronyan I.A., Egiazaryan A.V., *Domashnie, sel'skokhozyaistvennye i promyslovye zhivotnye* (Domestic, farm and game animals), Sankt-Peterburg: Nestor-Istoriya, 2011, 588 p.
5. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2017 god)*, Moscow: FGBNU VNIIplem, 2018, 274 p. (In Russ.)
6. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2018 god)*, Moscow: FGBNU VNIIplem, 2019, 272 p. (In Russ.)
7. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2019 god)*, Moscow: FGBNU VNIIplem, 2020, 270 p. (In Russ.)
8. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2020 god)*, Moscow: FGBNU VNIIplem, 2021, 265 p. (In Russ.)
9. *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2021 god)*, Moscow: FGBNU VNIIplem, 2022, 262 p. (In Russ.)
10. Gridina S.L., Gridin V.F., Sidorova D.V., Novitskaya K.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, T. 32, No. 8, pp. 60–61. (In Russ.)
11. Sermyagin A.A., Naryshkina E.N., Nedashkovskii I.S., Ermilov A.N., Bogdanova T.V., *AgroZooTekhnika*, 2018, T. 1, No. 3, pp. 1–13. (In Russ.)
12. Rodina N.D., Simonenkova A.P., Demina E.N., Sergeeva E.Yu., *Polzunovskii vestnik*, 2022, No. 1, pp. 47–54. (In Russ.)
13. Caballero A., Toro M.A. Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations, *Genet. Res*., 2000, Vol. 75, No. 3, pp. 331–343.
14. Ojeda-Marín C., Cervantes I., Moreno E., Goyache F., Gutiérrez J P., Breeding strategies to optimize effective population size in low census captive populations: the case of *Gazella cuvieri*, *Animals*, 2021, Vol. 11, No. 6, pp. 1559.
15. Kuznetsov V.M., *Inbriding v zhivotnovodstve: metody otsenki i prognoza* (Inbreeding in livestock farming: methods of assessment and forecast), Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2000, 66 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-271-279
УДК 630*453:595.799

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДОНОСНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА UMBELLIFERAE И РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ УГОДИЙ ДЛЯ МЕДОСБОРА

[1,2]**И.Д. Самсонова**, доктор биологических наук, профессор

[3]**А.А. Плахова**, доктор биологических наук, профессор

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

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

[3]*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

E-mail: isamsonova18@mail.ru

***Ключевые слова*:** медоносные растения, семейство Umbelliferae, медовая продуктивность, лесные угодья, медосбор, *Apis mellifera* L., анализ пыльцы, обножка.

Реферат. *Пчеловодство Северо-Запада России и Западной Сибири базируется на естественных источниках медосбора, которые требуют разностороннего изучения и оценки для рационального их использования. Цель работы – проанализировать биоэкологические свойства медоносных растений семейства Umbelliferae и определить ресурсный потенциал лесных угодий и нелесных земель для медосбора. Исследования проводили на землях лесного фонда Ленинградской области и Васюганских болот, используя апробированную методику учетных наблюдений, принятую в научно-исследовательских работах в пчеловодстве. В травянистых фитоценозах лесных угодий в полном составе медоносные растения семейства Umbelliferae представлены в березняке-кисличнике Ленинградской области, на открытых пространствах Западной Сибири. Изучаемые виды относятся к мезофитам и нектароносам. Цветение наблюдается в весенний и летний периоды медосбора. Была установлена эколого-биологическая характеристика медоносных видов семейства зонтичные. В районе Васюганья численность шмелей, настоящих мух, складчатых ос и других насекомых в среднем за один день наблюдения составила 711,1 шт., что почти в 2,5 раза больше, чем медоносных пчел. Конкуренция многочисленных видов насекомых указывает на экологическую безопасность местности. В результате учета фактического сбора обножки и проведения пыльцевого анализа выявлено за час на 1 м^2 11,3 шт. Apis mellifera L., посетивших цветки дягиля сибирского на юге Западной Сибири. Со сныти обыкновенной (Aegopodium podagraria L.) в районе Васюганья в июне пчелы собирали 104,9 г пыльцы (15,67 % от общего количества) бежевого цвета. Медовая продуктивность представителей семейства Umbelliferae зависит от места произрастания. Значительной медовой продуктивностью на опушках березняков Ленинградской области отличаются дудник лесной – 100 кг/га и сныть обыкновенная – 57 кг/га, на вырубках в Западной Сибири – дягиль сибирский – 40 кг/га.*

BIOECOLOGICAL PROPERTIES OF HONEY-BEARING PLANTS OF THE UMBRELLA FAMILY AND RESOURCE POTENTIAL LAND FOR HONEY COLLECTION

[1,2]**I.D. Samsonova,** Doctor of Biological Sciences, Professor

[3]**A.A. Plakhova,** Doctor of Biological Sciences, Professor

[1]*St. Petersburg State Forestry University named after C.M. Kirov, St. Petersburg, Russia*

[2]*Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmully, Ufa, Russia*

[3]*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Keywords: honey plants, family Umbelliferae, honey productivity, forest lands, honey yield, *Apis mellifera* L., pollen analysis, pollen.

Abstract. *Beekeeping in the northwest of Russia and the economy of Siberia are based on sources of honey collection, which require a comprehensive study and assessment of their reasonable use. The work aims to study the bioecological properties of melliferous plants of the Apiaceae group and to determine the resource potential*

of forest and non-forest lands for honey collection. Research in the lands of the forest fund of the Leningrad region and the Vasyugan swamps, using a proven methodology for recording findings adopted in research work in beekeeping. In the herbaceous phytochromes of forest lands, melliferous plants are fully included in the composition of umbelliferous plants that live in the Leningrad region's birch-sorrel forest in Siberia's open spaces. The studied species belong to mesophytes and nectar bearers. Flowering is observed during the spring and summer periods of honey collection. The ecological and biological characteristics of the Apiaceae family honey-bearing species were established. In the Vasyugan region, the average number of bumblebees, true flies, folded wasps, and other insects per day of observation was 711.1, almost 2.5 times more than honey bees. The competition of numerous insect species indicates the area's ecological safety. As a result of considering the actual collection of pollen and pollen analysis, 11.3 pieces were identified per 1 m2 per hour. Apis mellifera L. visiting flowers of Siberian angelica in the south of Western Siberia. In June, bees collected 104.9 g of beige-colored pollen (15.67%) from the common gooseberry (Aegopodium podagraria L.) in the Vasyugan region. The productivity of representatives of the Umbelliferae family depends on the place of growth. Significant honey productivity on the edges of birch forests in the Leningrad region is distinguished by angelica (100 kg/ha) and common gooseberry (57 kg/ha); in clearings in Western Siberia, angelica Siberian (40 kg/ha).

Главным медоносным ресурсом в Российской Федерации являются лесные угодья. Пчеловодство Северо-Запада России и Западной Сибири базируется на естественных источниках медосбора, которые требуют разностороннего изучения и оценки для рационального их использования. Проведенные ранее исследования показали, что ресурсы березняков Ленинградской области представлены разнообразием цветущих растений, выделяющих нектар и пыльцу как под пологом древостоя, так и на опушках леса во всех компонентах лесного фитоценоза [1, 2]. Учеты, проведенные в Горной Шории, Барзасской тайге и Васюганье, показали, что в Западной Сибири произрастает 500 видов медоносных и пергоносных растений, и большинство из них – на юге [3, 4]. Повсеместное распространение по территории указанных регионов и непрерывное цветение растений при благоприятных погодных условиях, складывающихся в пчеловодный период, позволяют получить продуктивный медосбор.

При этом отсутствие нормативной базы медоносных ресурсов лесных угодий приводит к снижению внимания лесного хозяйства к пчеловодческим хозяйствам, использующим лесные и нелесные земли в качестве ресурсной базы, что выражается в огромных потерях товарного меда. В этой связи возникает необходимость анализа кормовой базы пчеловодства, оценки перспектив использования медоносных ресурсов для развития эффективного пчеловодства на территории Ленинградской области и Западной Сибири.

Цель работы – проанализировать биоэкологические характеристики медоносных растений семейства Umbelliferae и определить ресурсный потенциал лесных угодий и нелесных земель для медосбора.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по учету и определению эколого-биологических характеристик медоносных растений семейства Umbelliferae проводили в Ленинградской области и Западной Сибири на вырубках Кемеровской области) и территории Васюганских болот, расположенных севернее 55^0 с. ш., в 2017–2020 гг. При учете растений травянистого фитоценоза на лесных угодьях использовали апробированную методику учетных работ. Круговые учетные площадки закладывали площадью 10 м^2, радиусом 178,5 см в березняках травяно-таволжном (Бтт), черничном (Бч), кисличном (Бк), а также ельнике-черничнике (Еч) и кисличнике (Ек) в древостоях различной полноты и разновозрастных. Количественный учет медоносных растений на опушках леса (Ол) проводили методом линейных трансект (маршрутов) на расстоянии от стены леса 8–10 м (рис. 1). На каждом объекте закладывали 2–3 маршрута, охватывающих типичные растительные ассоциации. Наблюдения проводились на 25–30 учетных площадках размером 4 м^2 через одинаковое расстояние.

Оценку каждого вида медоносных растений проводили по фактическому сбору обножки и по визуальной оценке работы пчел на растениях. Для оценки образцов пыльцевой обножки использовали пыльцеуловители. Для изучения ботанического происхождения пыльцевой обножки проводили пыльцевой анализ с использованием методик пыльцевого анализа и атласа пыльцевых зерен [5, 6].

Рис.1. Учет интенсивности цветения единичных экземпляров дудника лесного и зарослей сныти обыкновенной на опушке леса

Accounting for the intensity of flowering of single specimens of angelica silica and thickets of common goosefoot at the edge of the forest

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Ленинградской области на землях лесного фонда, преимущественно на местности с хорошим освещением, выявлены три вида медоноса семейства зонтичных, представляющих интерес для пчеловодства: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* L.).

В таежных условиях Западной Сибири на вырубках после цветения кипрея отмечены заросли дягиля сибирского (*Archangelica decurrens* L.), дягиля лесного (*Angelica sulvestris* L.). Эти медоносы обеспечивают медосбор по 10–14 кг в день одной пчелиной семьёй. Произрастают они 10–16 лет, и выделение нектара у этих растений не прекращается, как у кипрея. Со сныти обыкновенной в районе Васюганья в июне месяце одна пчелиная семья собирала 104,9 г пыльцы за период учёта (7 дней).

Исследования по определению видового разнообразия медоносной растительности в районе Васюганских болот позволили выявить в семействе Umbelliferae 9 видов нектароносных растений: бедренец обыкновенный (бедренец-камнеломка) (*Pimpinella saxifraga* L.), дягиль лесной (*Angelica sylvestris* L.), купырь лесной (морковник лесной) (*Anthriscus sylvestris* L.), пастернак дикий (лесной) (*Pastinaca silvestris* Gars.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), володушка золотистая (*Bupleurum aureum* Fisch.), тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.), борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* Ledeb.), борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum* L.).

Остановимся на эколого-морфологических признаках и биологических свойствах наиболее ценных для пчеловодства медоносных растений.

Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) образует обширные заросли в лесах, на вырубках, среди кустарников. Многолетнее растение, цветет в мае–июле. Один цветок за сутки выделяет 0,074 мг сахара в нектаре, одно растение за жизнь – 372 мг, а 1 га сплошного покрова – 160 кг. При сплошных зарослях дает хороший медосбор продолжительное время. По данным В.Г. Кашковского, медопродуктивность *Aegopodium podagraria* L. составляет 240 кг/га [7].

Дудник лесной (*Angelica silvestris* **L**.) растет в березовых лесах, по опушкам. Многолетнее растение до 70–200 см высотой. Зонтики сплошные, крупные, с многолистными оберточками. Цветки беловато-розовые. Цветет в июне–июле.

Один цветок за сутки выделяет 0,097 мг сахара в нектаре, одно растение за жизнь – 187,2 мг. Учеными установлена медовая продуктивность 1 га сплошного покрова – 80 кг (от 38 до 350) [8, 9]. Пчелы ежегодно собирают с его цветков нектар и пыльцу [10] .

Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* L.) обильно растет в оврагах, светлых лесах и рощах. Многолетнее растение, имеет белые цветки, собранные в зонтики, без общей обертки. Цветет в июне–июле. Один цветок за сутки выделяет 0,018 мг сахара в нектаре, одно растение за жизнь – 141,5 мг, а 1 га сплошного покрова – 25 кг.

Борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum* L.) растет вдоль дорог, по опушкам лесов. Многолетнее растение высотой 70–150 см. Цветки желтовато-зеленые, в крупных сложных зонтиках. Цветет в июне–июле. Пчелы охотно собирают с его цветков нектар и светло-серую пыльцу. Нектара выделяется много, он открыт и привлекает большое количество мух и других насекомых. Нектаропродуктивность борщевика, по наблюдением Н.И. Карташовой, составляет 100–20 кг с 1 га [11]. На Дальнем Востоке, по данным В.К. Пельменева, в нектаре одного цветка содержится 0,107 мг сахара [12].

Для решения теоретических и практических вопросов в области лесного пчеловодства важно изучение медоносных ресурсов и биологического потенциала на региональном уровне, основываясь на анализе жизненных форм. Многолетние травы в изучаемом семействе являются основными жизненными формами медоносных растений (табл. 1).

Таблица 1

Эколого-биологические характеристики медоносных видов семейства Umbelliferae
Ecological and biological characteristics of honey-bearing species of the Umbelliferae structure

Название вида	Жизненная форма	Время цветения	Флороценотическая группа	Характер медосбора	Место обитания
Ленинградская область					
Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)	Многолетние травы	Раннелетнее	Мезофиты	Нектароносы	Бк, Бтт, Ол, Ек
Дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.)		Летнее			Бк, Бтт, Ол, Бч, Еч
Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* L.)		Весеннее			Бк, Ол, Бч, Еч
Западная Сибирь					
Дягиль сибирский (*Archangelica decurrens* L.)	Многолетние травы	Летнее	Мезофиты	Нектароносы	Вырубки
Дягиль лесной (*Angelica sylvestris* L.)					Лесные поляны
Борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* Ledeb.)					Повсеместно
Купырь лесной (морковник лесной) (*Anthriscus sylvestris* L.)				Нектаропыльценосы	Болота
Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)					

Цветение изучаемых медоносных растений образует непрерывно цветущий конвейер для медосбора, начиная с весны и продолжаясь весь летний период. Главный (основной) ме-

досбор обеспечивают медоносные растения, цветущие под пологом березняка с середины июня по конец августа – крушина ломкая и малина лесная, на опушках леса – травянистые дикорастущие виды, в основном дудник лесной и сныть обыкновенная. Даты цветения зависят от складывающихся погодных условий с разницей от 10 до 15 дней. Важным моментом является произрастание медоносных растений на разных сторонах опушки леса. Так, на южной стороне опушки леса медоносные растения зацветают на 5–7 дней раньше, чем на северной. Эта особенность также увеличивает общую продолжительность их цветения [13].

По приуроченности видов к лесорастительным условиям в соответствии с приспособленностью растений к условиям увлажнения лидирующее положение в структуре травянистого фитоценоза лесных угодий для медосбора занимают мезофиты (30 видов, 40%) [14]. К этой группе относятся медоносные растения, произрастающие в березняках кисличном и травяно-таволжном, а также на опушке леса, в том числе все упомянутые виды медоносов семейства зонтичных.

К нектароносам, с которых пчелы собирают только нектар, относятся дудник лесной и купырь лесной. У сныти обыкновенной нектарники расположены вне цветков. Считается, что нектароносы не имеют практического значения для пчеловодства. Проведенные наблюдения показывают, что непрерывное и интенсивное цветение медоносных растений семейства Apiaceae обеспечит в безмедосборный период поступление нектара в ульи.

Развитию разнообразного по видовому составу травостоя из трех ярусов способствует распространение в составе травяно-таволжного березняка светолюбивых пород при небольшой полноте и плодородной почве, оказывающей влияние на развитие травянистого полога. Такие медоносные растения, как дудник лесной, сныть обыкновенная и купырь лесной наряду с другими представителями медоносной флоры образуют первый ярус высотой 80–150 см. По нашим исследованиям, в березняке травяно-таволжном встречаемость дудника лесного – 27,3, сныти обыкновенной – 30,0% [2].

Установлено, что в березняке-черничнике видовое разнообразие медоносных видов незначительно выше, чем в ельнике-черничнике, хотя сныть обыкновенная в ельнике и березняке этой серии типа леса не выявлена. Наряду с представителями травянистой флоры черничников (черника обыкновенная, брусника обыкновенная, седмичник европейский, майник двулистный, костяника, фиалка собачья) в березняке произрастают купырь лесной и дудник лесной. Это связано с заменой грубогумусной лесной подстилки, образуемой при господстве хвойных в этой серии типа леса, на дернину с мощным гумусовым горизонтом. Значительная разница в видовом составе отмечается между березняком кисличным и ельником кисличным. При этом медоносов в ельнике кисличном зарегистрировано 19 видов, а в березняке этого же типа леса в 2 раза больше – 42 с существенной разницей в проективном покрытии изучаемых травянистых видов. Значительной встречаемостью в березняке-кисличнике отличаются дудник лесной и купырь лесной – соответственно 86,7 и 63,3% [3].

По нашим наблюдениям, дудник лесной и купырь лесной не встречаются в ельнике-кисличнике, а купырь лесной не произрастает в березняке кисличного типа леса. Это связано с тем, что живой напочвенный покров в сомкнутых ельниках кисличных не достигает большой густоты, он обычно рыхлый.

Особенности цветения нектаропыльценосных растений зависят от интенсивности освещенности лесных участков, на которых расположены медоносные угодья, а также от биологических характеристик самих растений.

На опушке леса цветет в период медосбора 36 видов, под пологом березняка – 28 [15].

Отмечено, что на южной опушке леса освещенность выше, чем на северной. Это фактор оказывает влияние на динамику видового разнообразия медоносов и густоту произрастания на более освещенной территории, обеспечивает более раннее цветение и увеличивает продолжительность цветения нектаропыльценосов.

На северной опушке произрастают виды, цветущие также под пологом древостоя. По видовому разнообразию медоносных растений южная опушка леса незначительно превосходит северную, но отличается численностью экземпляров. Так, купырь лесной на южной опушке леса насчитывает 56670 шт/га, а на северной

– в 2 раза меньше – 26670 шт/га. Обратная закономерность наблюдается у теневыносливого медоноса дудника лесного [13].

В результате учета численности главных опылителей и сборщиков меда – медоносных пчел и шмелей, работающих на цветках, была определена интенсивность посещения дягиля сибирского другими насекомыми [3].

Таблица 2

Численность насекомых, посетивших цветки дягиля сибирского, на юге Западной Сибири, шт/ м²
Number of insects visiting Siberian angelica flowers, pcs/m2 in southern Siberia

Насекомые	Часы наблюдений							
	9.00-10.00		12.00-13.00		17.00-18.00		Итого за час	
	M ± m	Lim	M ± m	Lim	M ± m	Lim	M ± m	Lim
Apis mellifera	12,20±6,68	0-65	9,10±4,55	0-45	12,60±3,76	0-37	11,30±2,87	0-65
Шмели (Bombidae)	6,90±2,12	0-21	9,80±3,89	0-38	5,20±1,12	0-9	7,30±1,51	0-38
Настоящие мухи (Muscidae)	9,90±2,26	2-26	10,00±1,89	3-22	9,10±0,9	6-15	9,70±0,99	2-26
Складчатокрылые осы (Vespidae)	9,70±2,37	1-23	11,80±3,21	2-26	8,10±1,48	0-16	9,90±1,39	0-26
Другие	11,40±3,39	3-36	11,00±2,03	6-26	8,70±1,72	3-20	10,40±1,4	3-36

Анализ табл. 2 показывает, что в южных районах Западной Сибири пчеловоды не ощущают присутствия конкурентов медоносных пчел.

Особенности биологических свойств, в частности строения нектарников медоносных растений семейства Umbelliferae уточняли по интенсивности посещения насекомыми-энтомофилами цветущих экземпляров. Фактическая численность насекомых, работающих на цветках борщевика рассеченного с открытыми нектарниками, в среднем за 3 года представлена на рис. 2.

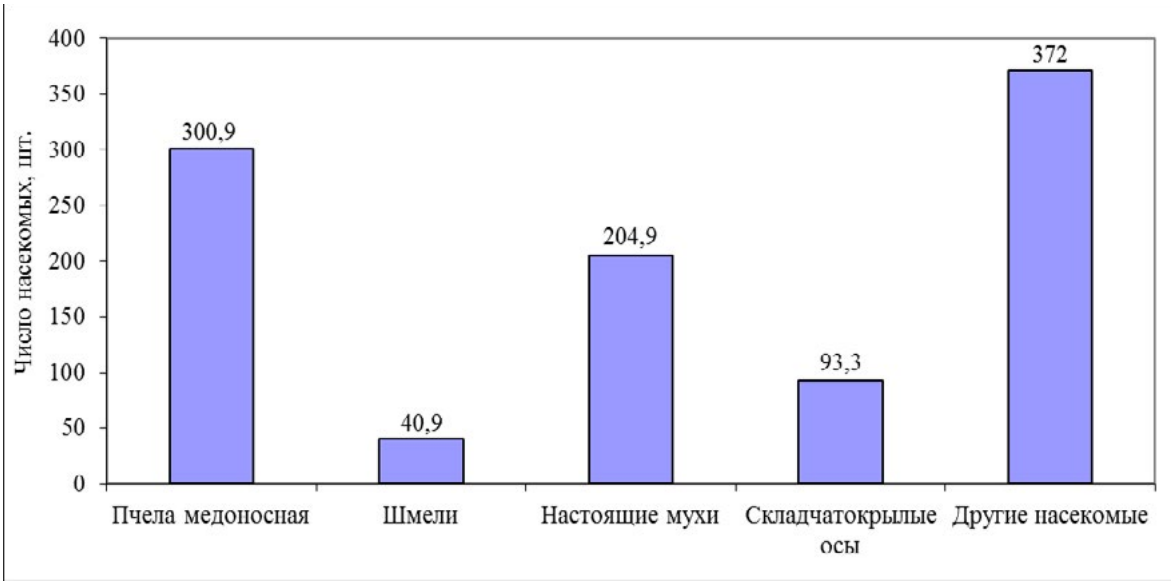


Рис. 2. Работа насекомых на борщевике рассеченном (*Heracleum dissectum* Ledeb.) в течение дня
Insect work on dissected hogweed (Heracleum dissectum Ledeb.) during the day

Из рис. 2 видно, что в районе Васюганья численность шмелей, настоящих мух, складчатых ос и других насекомых (чешуекрылых, жесткокрылых, двукрылых) в среднем за один день составила 711,1 шт., что почти в 2,5 раза больше, чем медоносных пчел. Такая конкурен-

ция многочисленных видов насекомых указывает на экологическую безопасность местности [3, 11].

Пыльцевой анализ, проведенный для уточнения видового состава медоносной флоры и определения продуктивности обножки, показал, что со сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.) пчелы собирают в июне пыльцу бежевого цвета 104,9 г (15,67 % от общего количества пыльцы) (рис. 3).

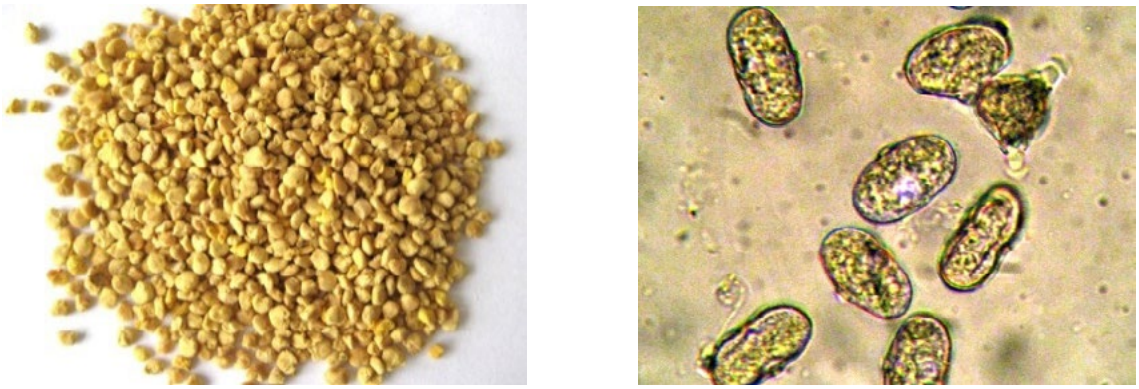


Рис. 3. Пыльцевой анализ обножки сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.)
Pollen analysis of common moth (Aegopodium podagraria L.)

Медовая продуктивность представителей семейства Umbelliferae в значительной степени зависит от места произрастания медоносного растения.

По нашим исследованиям, значительной медовой продуктивностью на опушках леса березняков Ленинградской области отличаются дудник лесной – 100 кг/га и сныть обыкновенная – 57 кг/га, на вырубках Западной Сибири дягиль сибирский – 40 кг/га (табл. 3).

Таблица 3

Ресурсный потенциал угодий для медосбора
Resource potential of lands for honey collection

Вид угодий для медосбора	Медоносное растение	Медовая продуктивность, кг/га
Ленинградская область		
Опушка леса	Сныть обыкновенная	57,0
	Дудник лесной	100,0
	Купырь лесной	17,7
Под пологом березняка		8,2
Западная Сибирь		
Вырубки	Дягиль сибирский	40,0
Лесные поляны	Дягиль лесной	15,0

Уточненный видовой состав нектаропыльценосов на землях лесного фонда, особенности эколого-биологических свойств цветущих растений и полученный биоресурсный потенциал угодий для летнего медосбора выделяет представителей семейства Umbelliferae как ценные медоносы в составе кормовой базы для *Apis mellifera* L.

ВЫВОДЫ

1. В травянистом сообществе при уточнении медовой продуктивности лесных угодий необходимо учитывать эколого-биологические свойства медоносных растений, ярусность и особенности цветения, которые зависят от проективного покрытия каждого из ярусов. В летний период медосбора целесообразней размещать пасеки на южных опушках леса и на

землях, непокрытых лесной растительностью, где встречаются медоносные виды семейства Umbelliferae.

2. Угодья с наличием медоносных видов семейства зонтичных и активной посещаемостью растений насекомыми рекомендуются для ведения пчеловодства с целью получения экологически чистой продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Динамика* биоразнообразия медоносных ресурсов в структуре березняков / И.Д. Самсонова, Д.В. Тхао, Н.Т. Зыонг, П.В. Сидаренко // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 4 (36). – С. 73–81.
2. *Самсонова И.Д.* Особенности цветения медоносных растений травяно-кустарничкового яруса в березняках // Пчеловодство. – 2020. – № 7. – С. 22–25.
3. *Плахова А.А.* Освоение северных районов Западной Сибири для производства экологически безопасной продукции пчеловодства: дис. … д-ра биол. наук. – Владикавказ, 2019. – 220 с.
4. *Плахова А.А.* Медоносы Васюганских болот // Пчеловодство. – 1998. – № 6. – С. 19–21.
5. *Медоносные* растения европейской части России и их пыльца / Н.И. Кривцов, А.П. Савин, С.С. Сокольский [и др.]. – Рязань-Рыбное: ФГОУ ВПО РГАТУ, ГНУ НИИП, 2009. – 328 с.
6. *Чекрыга Г.П.*, *Плахова А.А.* Характеристика основных медоносов Западной Сибири по пыльцевой обножке, собранной *Apis mellifera*: монография. – Новосибирск: Ареал, 2018. – 156 с.
7. *Кашковский В.Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – СПб.: С.-Петербург. фил. ФГУП «Изд-во Наука», 2021. – 423 с.
8. *Параева Л.К.* Медоносные растения Западной Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1970. – 167 с.
9. *Пономарева Е.Г.* Кормовая база пчеловодства и опыление сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 1980. – 256 с.
10. *Самсонова И.Д., До В.Т., Плахова А.А.* Оценка медоносных растений березняков и ресурсный потенциал лесных угодий для медосбора Ленинградской области: монография. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 198 с.
11. *Карташова Н.Н.* Медоносные и пергоносные растения Томской области и пути развития пчеловодства. – Томск: Тип. Том. гос. ун-та, 1952. – 13 с.
12. *Пельменев В.К.* Медоносные растения. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 144 с.
13. *Самсонова И.Д., До В.Т.* Сравнительный анализ продуктивности медоносных угодий под пологом березняка и на опушках леса // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2021, – Т. 58–2. – С. 133–139.
14. *И.Д. Самсонова, В.Ю. Нешатаев, Ван Т. До, Тхи З. Нгуен* Эколого-биологический анализ медоносов березняков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – Вып. 229. – С. 104–117.
15. *Самсонова И.Д., До В.Т.* Ресурсы березняков и их продуктивность для медосбора в условиях Ленинградской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2 (59). – С. 149–155.
16. *Плахова А.А.* Биологический способ оценки экологии // Пчеловодство. – 2009. – № 9. – С. 14–15.

REFERENCES

1. Samsonova I.D., Thao D.V., Zyong N.T., Sidarenko P.V., *Lesotehnicheskij zhurnal*, 2019, T. 9, No. 4 (36), pp. 73–81. (In Russ.)
2. Samsonova I.D., *Pchelovodstv*o, 2020, No. 7, pp. 22–25. (In Russ.)
3. Plahova A.A., *Osvoenie severnyh rajonov Zapadnoj Sibiri dlja proizvodstva jekologicheski bezopasnoj produkcii pchelovodstva* (Development of the northern regions of Western Siberia for the production of environmentally friendly beekeeping products), Vladikavkaz, 2019, 220 p.
4. Plahova A. A., *Pchelovodstvo*, 1998, No. 6, pp. 19–21. (In Russ.)
5. Krivcov N.I., Savin A.P., Sokol'skij S.S., Polevova S.V., Bilash N.G., Dokukin Ju.V,. *Medonosnye rastenija evropejskoj chasti Rossii i ih pyl'ca* (Honey plants of the European part of Russia and their pollen), Ryazan-Rybnoye: FGOU VPO RGATU, GNU NIIP, 2009, 328 p.

6. Chekryga G.P., Plahova A.A. *Harakteristika osnovnyh medonosov Zapadnoj Sibiri po pyl'cevoj obnozhki, sobrannoj Apis mellifera* (Characteristics of the main honey plants of Western Siberia by pollen pollen collected by Apis mellifera), Novosibirsk: Area», 2018, 156 p.
7. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees Apis mellifera L.), Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij filial FGUP «Izd-vo nauka», 2021, 423 p.
8. Paraeva L.K. *Medonosnye rastenija Zapadnoj Sibiri* (Honey plants of Western Siberia), Novosibirsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1970, 167 p.
9. Ponomareva E.G. *Kormovaja baza pchelovodstva i opylenie sel'skohozjajstvennyh rastenij* (Fodder base of beekeeping and pollination of agricultural plants), Moscow: Kolos, 1980, 256 p.
10. Samsonova I.D., Do V.T., Plahova A.A. *Ocenka medonosnyh rastenij berezнjakov i resursnyj potencial lesnyh ugodij dlja medosbora Leningradskoj oblasti* (Assessment of honey-bearing plants of birch forests and the resource potential of forest lands for the honey collection of the Leningrad region), Novosibirsk: Zolotoj kolos, 2021, 198 p.
11. Kartashova N.N. *Medonosnye i pergonosnye rastenija Tomskoj oblasti i puti razvitija pchelovodstva* (Honey-bearing and pear-bearing plants of the Tomsk region and ways of beekeeping development), Tomsk: Tip. Tom. gos. un-ta, 1952, 13 p.
12. Pel'menev V.K. *Medonosnye rastenija* (Honey plants), Moscow: Rossel'hozizdat, 1985, 144 p.
13. Samsonova I.D., Do V.T., *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, T. 58–2. pp. 133–139. (In Russ.)
14. Samsonova I.D., Neshataev V.Ju., Do Van T., Nguen Thi Z., *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotehnicheskoj akademii*, 2019, Vyp. 229, pp. 104–117. (In Russ.)
15. Samsonova I.D., Do V.T., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 2 (59). p. 149–155. (In Russ.)
16. Plahova A. A., *Pchelovodstvo*, 2009, No. 9, pp. 14–15. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-280-288
УДК 637.5.04/.07

ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

[1]**О.В. Смоловская**, кандидат биологических наук
[2]**Е.В. Ульрих**, доктор технических наук, доцент
[1]**В.А. Плешков**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[1]**Р.О. Касьянов**, младший научный сотрудник
[1]Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия
[2]Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
E-mail: elen.ulrich@mail.ru

Ключевые слова: конечности, коровы, пододерматит, профилактика, экономический ущерб.

Реферат. *Нарушения технологических процессов, связанных с кормлением, зоогигиенических норм и ветеринарно-санитарных правил содержания животных являются основными причинами, которые приводят к развитию заболеваний конечностей крупного рогатого скота. Цель исследования – изучить влияние зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» как наполнителя ножных ванн при профилактике заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота. При изучении влияния зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» на клиническое проявление признаков поражения дистального отдела конечностей опытного поголовья установлено, что использование 2,5%-го раствора зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» снижает затраты на ветеринарные мероприятия на 18,4 % в сравнении с использованием 1,5%-го раствора. Для профилактики заболеваний дистального отдела конечностей следует использовать 2,5%-й раствор зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» в течение 10 дней, что позволит снизить заболеваемость и степень тяжести заболевания конечностей у животных. Экономический ущерб от снижения молочной продуктивности при возникновении клинических признаков, характерных для пододерматита, был на 50,0 % меньше во 2-й опытной группе, чем в 1-й, и соответственно на 66,6 % меньше по сравнению с контрольной группой.*

PREVENTION OF LIMB DISEASES IN CATTLE

[1] **O.V. Smolovskaya,** PhD in Biological Sciences
[2] **E.V. Ulrich,** Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
[1] **V.A. Pleshkov,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
[1] **R.O. Kasyanov**, Junior Researcher
[1] Kemerovo State University, Kemerovo, Russia
[2] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
E-mail: elen.ulrich@mail.ru

Keywords: limbs, cows, pododermatitis, prevention, economic damage.

Abstract. *Violating technological processes, boundaries with feeding, zoohygienic standards, and veterinary and sanitary rules for keeping animals are possible reasons for developing diseases in cattle. The study aimed to study the effect of the zoogenic drug "Hoof Cleaning Concentrate" as a filler in foot baths while maintaining the impact of the distal limbs of cattle. When studying the national zoohygienic drug "Concentrate for Cleaning the Hoof" on clinical signs of damage to the distal limbs of the experimental livestock, it was found that the use of a 2.5% solution of the zoohygienic drug "Concentrate for Cleaning the Hoof" reduces the cost of veterinary activities by 18.4%, in the sense of using a 1.5% solution. To prevent the distal extremities, a 2.5% solution of the zoohygienic preparation "Concentrate for cleaning the hoof" should be used for ten days, which reduces the incidence and severity of the disease of the extremities in animals. The economic damage from a decrease in productivity when exposed to symptoms characteristic of pododermatitis was 50.0% less in the 2nd experimental group than in the 1st and 66.6% less compared to the control group.*

На молочно-товарных комплексах и фермах в условиях интенсификации животноводства существует проблема возникновения заболеваний конечностей крупного рогатого скота, проявляющихся хромотой, повреждением копытец. Преобладающие причины этих болезней различаются в зависимости от географического расположения хозяйства, вида форм собственности, условий содержания и кормления животных [1, 2].

Основные причины, которые приводят к развитию заболеваний конечностей коров, это несоблюдение технологических процессов, связанных с кормлением крупного рогатого скота, нарушение зоогигиенических норм (конструктивные особенности помещений и мест отдыха, несоответствие полов и напольного покрытия помещений условиям содержания) и санитарно-ветеринарных правил (отсутствие изолированных помещений для оказания лечебной помощи и содержания прооперированных коров с гнойно-некротическими болезнями). Немаловажную роль в профилактике болезней играет отсутствие повседневной ортопедической работы по функциональной расчистке копытец и лечению коров с болезнями пальцев и копытец. Недостаточное использование или отсутствие профилактических ножных ванн влияет на распространение болезней конечностей, снижает срок производственного использования животных и приводит к их преждевременному выбытию [3–5].

В.М. Руколь и др. в своих работах по изучению технологических причин возникновения заболеваний конечностей крупного рогатого скота на территории республики Беларусь выделяют несколько моментов [1, 3]. Прежде всего, это скармливание животным недоброкачественных кормов, приготовленных с нарушением технологии. К примеру, кормовая интоксикация может возникнуть из-за преобладания концентратов в рационе и скармливания некачественного корма (с признаками порчи). После попадания контагиозного корма в организм наступает гибель грамотрицательных бактерий, освобождаются эндотоксины, количество гистамина увеличивается, из-за чего в копытцах нарушаются процессы кровообращения. При кормлении крупного рогатого скота необходимо обеспечивать соотношение микроэлементов и витаминов. Их недостаток или избыток приводит к нарушению обмена веществ, ведет к снижению интенсивности рубцового пищеварения, синтеза соединительных белков, способствует развитию болезней конечностей. Нарушения питания, в том числе ацидоз, способствуют избыточной выработке молочной кислоты и гистамина, а также высвобождению эндотоксинов, что приводит к кровоизлиянию в рог стопы, ламиниту и изъязвлению стопы.

Второй причиной возникновения заболеваний конечностей является наличие полов с низким качеством (наличие неровностей, гладкий скользкий пол, твердое бетонное покрытие и др.). Плохие поверхности и поврежденный бетон могут привести к изъязвлениям скакательного сустава и травмам запястного.

Отсутствие места для отдыха является следующей причиной возникновения заболеваний конечностей. Корова должна находиться в лежачем состоянии в среднем 12 ч, этого времени достаточно для отдыха конечностей. В исследованиях описывается связь между сокращением времени, проведенного в лежачем положении, и возникновением хромоты у дойных коров, при этом дизайн стойла у стойловых коров является фактором риска сокращения времени лежания и хромоты.

Моцион и наличие световой солнечной инсоляции являются обязательными при содержании крупного рогатого скота. Их отсутствие приводит к нарушению кровообращения и минерально-витаминного обмена, что, в свою очередь, может способствовать возникновению заболеваний конечностей [3].

При исследовании причин возникновения заболеваний конечностей коров на молочных комплексах Саратовской области установлены нарушения параметров микроклимата. Зарегистрированы факты сбоя в системе вентиляции помещений, приводящие к повышенной влажности и загазованности воздуха. Из-за нарушений в работе систем навозоудаления регистрировались факты застоя фекальных масс в виде отдельных скоплений кала и мочевых луж. Уборка навоза проводилась в присутствии животных, что повышает риск получения травм в момент продвижения скребков, особенно при скученном расположении животных в проходах.

Данные нарушения способствовали возникновению заболеваний: дерматита – 32,9%, язвы Рустергольца – 19,5, ламинитов и пододерматитов – 14,6, ран в области пальцев – 14,6%. Реже регистрировались лимакс (тилома) – 7,4% и прочие патологии (болезнь белой линии, трещины и расседины копытец) – 7,4% [6].

Ряд авторов в своих работах указывают как причины, способствующие возникновению заболеваний конечностей у коров, некачественное проведение дезинфекции помещений, повышенную концентрацию аммиака, низкий уровень резистентности организма, снижение иммунитета, несвоевременную обрезку копыт, отсутствие в технологическом процессе применения ножных ванн, генетическую предрасположенность к данным заболеваниям [7–11].

Заболевания дистального отдела конечностей крупного рогатого скота могут носить инфекционный характер различной этиологии, следовательно, выявление факторов риска имеет важное значение для профилактики данных болезней. Условия окружающей среды, включая температуру и влажность, могут негативно влиять на структурную целостность кожи пальцев, способствуя образованию язв, бактериальной колонизации и прогрессированию заболевания.

Одним из заболеваний конечностей инфекционной природы у коров является некробактериоз, при возникновении которого животное теряет 30–40% живой массы, существенно снижается молочная продуктивность, сервис-период удлиняется на 10 дней. Некробактериоз представляет собой высококонтагиозное инфекционное заболевание, основными клиническими признаками которого являются гнойно-некротические поражения кожных покровов, слизистых оболочек тканей, внутренних органов и костей. Возбудителем данного заболевания является неспорообразующий грамотрицательный строгий анаэроб *Fusobecterium necroforum* [12, 13].

Э.О. Сайтханов при ортопедической диспансеризации коров проводил микробиологические исследования смывов со свода межпальцевой щели при лечении язвы Рустергольца. В результате исследований были выделены патогенные и условно-патогенные формы микроорганизмов: синегнойная палочка (*Pseudomonas aeruginosa*), сенная палочка (*Bacillus subtilis*) и кишечная палочка (*Escherichia coli*) [14].

К наиболее известным мультибактериальным инфекциям относят пальцевый дерматит и межпальцевый дерматит, которые вызывают *Treponema* spp. и *Dichelobacter nodosus*, обнаруженные на дегенерированных тканях, однако основной патоген, ответственный за эти два заболевания, остается неизвестным. Эти бактерии могут проникнуть в более глубокие ткани дистального отдела конечностей через повреждения, вызванные травмами. В случае инфекционных заболеваний копыт владельцы животных должны тщательно контролировать и лечить коров, чтобы уменьшить боль, а также избежать распространения болезни на здоровых животных [15].

Отсутствие быстрой высокотехнологичной системы прогнозирования заболеваний также может являться причиной возникновения и распространения заболеваний конечностей крупного рогатого скота. D. Sun et al. и K. O'Driscoll предложили более современные высокоэффективные ускоренные методы диагностики хромоты крупного рогатого скота, включающие ноцицептивный метод давления, определение физиологических параметров, биомаркеров (цитокины и белок острой фазы гаптоглобина) и экспрессии воспалительных генов [16], а также методы, основанные на протеомах, для идентификации белков плазмы [17].

В связи с этим планирование профилактических мероприятий, направленных на снижение или предотвращение данных заболеваний в стаде с применением безопасных и эффективных средств, является актуальным [8, 10].

Цель исследования – изучить влияние зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» как наполнителя ножных ванн при профилактике заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились на базе хозяйства ИП ГК(Ф)Х) Лаптева Мария Андреевна по адресу: Кемеровская

область – Кузбасс, Ленинск-Кузнецкий р-н, с. Красное.

Для изучения профилактической эффективности зоогигиенического средства «Концентрат для очистки копыт» после проведения ортопедической диспансеризации, по данным клинико-эпизоотологических исследований, были выбраны клинически здоровые особи в количестве 30 голов из основного стада. Были сформированы две опытные и одна контрольная группа по 10 голов в каждой. Животные контрольной и опытных групп в течение эксперимента находились в одинаковых условиях содержания, имели свободный доступ к кормам и воде. Параметры микроклимата в период исследования соответствовали нормам, указанным в ПДК, а также установленным на предприятии в целом.

Согласно схеме опыта, коровам 1-й опытной группы зоогигиеническое средство применяли путем обработки дистального отдела конечностей методом погружения в ванны с 1,5 %-м водным раствором исследуемого препарата таким образом, чтобы копыто было погружено в жидкость полностью. Экспозиция – 2 мин. Процедуры проводились ежедневно (однократно) в течение 20 дней.

Животных 2-й опытной группы обрабатывали 2,5%-м водным раствором препарата с полным погружением копыта. Количество процедур – 10, ежедневно (однократно) в утренние часы методом погружения в специально оборудованные копытные ванны. Экспозиция в растворе – 2 мин.

Животные контрольной группы не получали профилактических обработок.

Перед применением копытных ванн животные обеих опытных групп проходили через ванну с чистой водой, а затем 3 м по сухому участку.

Зоогигиенический препарат «Концентрат для очистки копыт» производится в Республике Беларусь, на предприятии ОАО «Данко», г. Витебск, и является экоконцентратом, не имеющим в своем составе антибиотиков и солей тяжелых металлов. В состав препарата входят: экстракт живицы водный, комплекс биологически активных веществ прополиса водного «Прополетин», краситель пищевой, регулятор pH, консервант, вода очищенная.

С целью изучения влияния зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» на клиническое проявление признаков поражения дистального отдела конечностей ежедневно животных опытных групп подвергали профилактическому осмотру, отмечали общее физиологическое состояние, положение животного в пространстве, определяли наличие и степень хромоты методом прогона при хорошем освещении. Была организована профилактическая расчистка копыт.

Материалы проведенных исследований были подвергнуты статистической обработке методом U-критерия Манна –Уитни.

Экономический ущерб рассчитывали по формуле

$$У = М_з \cdot (В_з - В_б) \cdot Т \cdot Ц,$$

где У – экономический ущерб от снижения продуктивности, руб.;

$М_з$ – количество заболевших животных;

$В_з$, $В_б$ –среднесуточная продуктивность здоровых и больных животных или благополучного и неблагополучного стад, кг;

Т – средняя продолжительность наблюдения за изменением продуктивности животных (период карантина, неблагополучия, переболевания), дней;

Ц – закупочная цена молока, руб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность проведенных обработок учитывали по результатам клинического обследования всех животных, выявления наличия симптомов поражений копыт, признаков ухудшения общего состояния опытного поголовья, проявления боли, наличия и степени хромоты (табл. 1).

Клинические признаки оценивали в баллах для проведения статистической обработки данных по качественным признакам методом U- критерия Манна-Уитни.

Результаты профилактического осмотра животных при применении препарата «Концентрат для очистки копыт» приведены в табл. 2.

Таблица 1

Клинические признаки, выявляемые в процессе опыта
Clinical signs revealed during the experiment

Клинический признак	Оценка, баллов			
	0	1	2	3
Отечность	Отсутствие отечности	Явная отечность	Сильная отечность	-
Гипертермия	Отсутствие гипертермии	Незначительное повышение температуры в месте пальпации	Явная гипертермия	-
Выпотевание жидкости	Отсутствие выпота	Наличие жидкости с примесью крови	-	-
Степень хромоты	Отсутствие хромоты	Слабая степень хромоты	Средняя степень хромоты	Сильная степень хромоты
Проявление боли	Боль отсутствует	Боль вызывает у животного желание отдернуть конечность при пальпации	Сильная боль вызывает у животного желание отдернуть конечность	-
Положение спины	Спина ровная	Спина при ходьбе изгибается	Спина изогнута	Явно выраженный изгиб спины
Шаги	Шаги при ходьбе длинные, уверенные	Походка слегка нарушена	При ходьбе отмечаются короткие шаги одной или более ногами	Животное старается не наступать на одну или несколько конечностей, но тем не менее наступает

Таблица 2

Результаты профилактического осмотра животных при применении препарата «Концентрат для очистки копыт», баллов
Results of preventive examination of animals when using the drug "Concentrate for cleaning the hoof," points

Клинический признак	Группа		
	1-я опытная	2-я опытная	контрольная
Отечность	2	0	3
Гипертермия	2	1	6
Выпотевание жидкости	1	0	2
Степень хромоты	3	1	8
Проявление боли	1	0	2
Положение спины	3	1	6
Шаги	2	1	4
$U_{эмп}$.	8,0*	0,0*	-

Примечание. U-критерий Манна-Уитни в 1-й группе – 8. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет $8 \leq 8$, следовательно различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p<0,05$); во 2-й опытной группе U-критерий Манна-Уитни равен 0. Критическое значение U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет $0 \leq 8$, следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p<0,05$).
* $p<0,05$.
Note. There are 8 Mann-Whitney U tests in group 1.The critical value of the Mann-Whitney U test for a given basis of the compared groups is $8 \leq 8$. Therefore, the difference in the characteristic level in the compared groups according to statistical characteristics ($p<0.05$); in the 2nd experimental group, the Mann-Whitney U-test equals 0. The critical value of the Mann-Whitney U-test for a given comparison group is $0 \leq 8$. Therefore, the difference in the sign level in the compared groups is statistically significant ($p<0.05$).
* $p<0.05$.

При проведении профилактических осмотров у животных были выявлены клинические признаки заболеваний копыт разной степени.

У двух коров 1-й опытной группы на 10-й день опыта была диагностирована отечность в области мякиша и венчика с незначительной гипертермией, у одного животного обнаружено выпотевание жидкости с примесью крови. На 13-е сутки эксперимента у животного с выпотеванием жидкости при пальпации появилась боль, при ходьбе оно совершало короткие шаги передней правой конечностью, была выявлена сильная степень хромоты, спина приобрела ярко выраженный изгиб. Причиной повреждения послужила травма конечности.

В этот период у одной особи 2-й опытной группы было отмечено нарушение походки, спина при движении слегка изгибалась, при пальпации было выявлено незначительное повышение температуры, легкая степень хромоты правой передней конечности.

На 9-й день после начала опыта у трех коров контрольной группы появились отеки на конечностях с явно выраженной гипертермией. У двух животных при пальпации отмечалась болезненная отечность вокруг сустава. Через два дня изменилось поведение животных. Они стали менее активны, снизилось потребление корма. При движении появилась хромота средней и сильной степени, спина приобрела изгиб. При ходьбе все заболевшие старались щадить больные конечности, совершая короткие шаги одной или двумя конечностями.

Для изучения экономической эффективности зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» при проведении исследований по профилактике заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота использовали методику определения экономической эффективности ветеринарных мероприятий, утвержденную Министерством сельского хозяйства [1].

Учет затрат на используемые в расчетах экономической эффективности препараты и материалы проводили согласно их средней рыночной стоимости. Расчет затрат на проведение профилактической обработки проводили исходя из затраченного рабочего времени ветеринарным фельдшером, находящемся в штате хозяйства, поскольку он один проводил профилактические обработки. Средняя месячная заработная плата ветеринарного фельдшера для данного хозяйства составляет 18000 руб. Дневная ставка – 18 000/22 = 818,18 руб., часовая ставка – 818,18/8 = 102,27 руб.

Стоимость 1 л зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» составила 400 руб. Объем воды для разведения препарата – 200 л на одну копытную ванну.

Данные о затратах при изучении экономической и профилактической эффективности зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» представлены в табл. 3.

Таблица 3

Затраты на проведение профилактической обработки заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота
Costs of preventive treatment of the distal limbs of cattle

Показатель	Группа	
	1-я опытная	2-я опытная
Расход препарата «Концентрат для очистки копыт» на 1 обработку, л	3	5
Время, затраченное ветеринарным фельдшером на приготовление рабочего раствора на 1 обработку, ч	0,25	0,25
Время, затраченное ветеринарным фельдшером на проведения 1 обработки (10 голов), ч	0,4	0,4
Количество обработок	20	10

Затраты на ветеринарные мероприятия из расчета на всех животных за весь период проведения эксперимента:

– опытная группа с 1,5%-м раствором «Концентрат для очистки копыт»: $З_в$ = 1329,51 руб. + 24000 руб. = 25329,51 руб.;

– опытная группа с 2,5 %-м раствором «Концентрат для очистки копыт»: $З_в$ = (640 руб. + 44,32 руб) · 5 = 20664,76 руб.

Таким образом, при использовании 2,5%-го раствора зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» стоимость затрат на ветеринарные мероприятия была на 18,4 % ниже в сравнении с использованием 1,5%-го раствора.

Исходя из расчетов затрат на ветеринарные мероприятия следует отметить, что целесообразно для профилактики заболеваний дистального отдела конечностей использовать 2,5%-й раствор зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» в течение 10 дней, что позволит снизить заболеваемость и степень тяжести заболевания конечностей у животных.

В связи с выявлением в процессе опыта животных с клиническими признаками, характерными для пододерматита, мы посчитали необходимым произвести расчет экономического ущерба от снижения продуктивности животных. В 1-й опытной группе было выявлено две особи, во 2-й опытной группе – одна, в контрольной группе – три особи с явными клиническими признаками.

При пододерматите у крупного рогатого скота отмечается снижение молочной продуктивности. Экономический ущерб при возникновении данного заболевания достигает уровня 10–20 %. При расчете экономического ущерба от снижения продуктивности коров исходили из данных лактации, полученных в ИП ГК(Ф)Х) Лаптева Мария Андреевна:

$У_1$ = 2 · (20-17) · 20 · 40,0 = 4800 руб.;

$У_2$ = 1 · (20-17) ×20 · 40,0 = 2400 руб.;

$У_к$ = 3 · (20-17) ×20 · 40,0 = 7200 руб.

ВЫВОДЫ

1. Клиническая картина заболевших особей в опытных группах, обработанных зоогигиеническим препаратом «Концентрат для очистки копыт», была достоверно менее выраженной, чем у животных в контрольной группе.

2. Полученные результаты исследования наглядно показывают высокую профилактическую эффективность зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» против заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота при использовании 2,5%-й концентраций в течение 10 дней.

3. Экономический ущерб от снижения молочной продуктивности при возникновении клинических признаков, характерных для пододерматита, был на 50,0 % меньше во 2-й опытной группе, чем в 1-й, и соответственно на 66,6 % меньше по сравнению с контрольной группой.

4. Для профилактики заболеваний дистального отдела конечностей крупного рогатого скота рекомендуется применять 2,5%-й раствор зоогигиенического препарата «Концентрат для очистки копыт» в течение 10 дней, что позволит снизить заболеваемость и степень проявления клинических признаков у животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Руколь В.М., Журба В.А.* Диагностика и профилактика болезней конечностей у крупного рогатого скота. – Витебск: ВГАВМ, 2021. – 178 с.
2. *Precision* technologies to address dairy cattle welfare: Focus on lameness, mastitis and body condition / S.R. Silva, J.P. Araujo, C. Guedes [et al.] // Animals. – 2021. – Т. 11, N 8. – P. 2253.
3. *Технологические* факторы заболеваний конечностей у высокопродуктивных коров / В. Руколь [и др.] // Journal of science. – 2020. – N 15–1. – P. 3–8.
4. *Этиология*, методы диагностики, лечения и профилактики болезней пальцев и копытец крупного рогатого скота / С.А. Юсупов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1. – С. 76–83.
5. *Мониторинг* хирургической патологии пальцев у крупного рогатого скота в хозяйствах Ростовской области / И.И. Михайлова [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 184–189.
6. *Жапаров Ж.А.* Эффективность профилактики ортопедических заболеваний коров с помощью копытных ванн // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. – 2021. – С. 176–176.

7. *Калиев О.М., Бодрова Л.Ф., Гречко В.В.* Диагностика, лечение и профилактика болезней копытец у крупного рогатого скота. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. – 176 с.
8. *Комаров В.Ю.* Профилактика болезней конечностей КРС // Научный журнал молодых ученых. – 2021. – № 4 (25). – С. 6–11.
9. *Люсин Е.А.* Лечение и профилактика заболеваний копытец крупного рогатого скота в условиях современного животноводства // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 8. – С. 33–34.
10. *Журба В.А., Ковалев И.А., Лабкович А.В.* Лечебно–профилактические мероприятия при гнойно–некротических поражениях в области пальцев у крупного рогатого скота на молочных комплексах. – Витебск: ВГАВМ, 2019. – 24 с.
11. *Garvey M.* Lameness in dairy cow herds: disease aetiology, prevention and management // Dairy. – 2022. – Vol. 3, N 1. – P. 199–210.
12. *Производственные* испытания рекомендаций и системы ветеринарно–санитарных мероприятий по профилактике некробактериоза крупного рогатого скота / М.Г. Винников [и др.] //Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № – 2. – С. 62–64.
13. *Жумамуратов Е.Ж.* У. Профилактика и лечение заболеваний копытец черного рогатого скота // IN SITU. – 2022. – № 6. – С. 86–87.
14. *Сайтханов Э.О., Беседин Д.С.* Ортопедическая диспансеризация коров и анализ эффективности ветеринарно–санитарных мероприятий по профилактике болезней копытец // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 2 (42). – С. 156–161.
15. *Claw* disorders in dairy cattle: Effects on production, welfare and farm economics with possible prevention methods / M. Alvergnas [et al.] // Livestock Science. – 2019. – Vol. 222. – P. 54–64.
16. *O'Driscoll K., McCabe M., Earley B.* Leukocyte profile, gene expression, acute phase response, and metabolite status of cows with sole hemorrhages // Journal of dairy science. – 2017. – Vol. 100, N 11. – P. 9382–9391.
17. *Shotgun* proteomic analysis of plasma from dairy cattle suffering from footrot: characterization of potential disease–associated factors / D. Sun [et al.] // PLoS One. – 2013. – Vol. 8, N 2. – e55973.

REFERENCES

1. Rukol' V.M., Zhurba V.A., *Diagnostika i profilaktika boleznej konechnostej u krupnogo rogatogo skota* (Diagnosis and prevention of limb diseases in cattle), 2021, 176 p.
2. Silva S.R. et al., Precision technologies to address dairy cattle welfare: Focus on lameness, mastitis and body condition, *Animals*, 2021, Vol, 11, No. 8, pp. 2253.
3. Rukol' V. i dr., Tehnologicheskie faktory zabolevanij konechnostej u vysokoproduktivnyh korov, *Journal of science*, 2020, No. 15–1, pp. 3–8.
4. Jusupov S.A. i dr., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 1 (195). pp. 76–83. (In Russ.)
5. Mihajlova I.I. i dr., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 1, pp. 184–189. (In Russ.)
6. Zhaparov Zh.A., *Innovacionnye idei molodyh issledovatelej dlja agropromyshlennogo kompleksa*, 2021, pp. 176–178. (In Russ.)
7. Kaliev O.M., Bodrova L.F., Grechko V.V., *Diagnostika, lechenie i profilaktika boleznej kopytec u krupnogo rogatogo skota* (Diagnosis, treatment and prevention of claw diseases in cattle), Tjumen', 2021, 176 p.
8. Komarov V.Ju., *Nauchnyj zhurnal molodyh uchenyh*, 2021, No. 4, pp. 6–11. (In Russ.)
9. Ljusin E.A., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 8. pp. 33–34. (In Russ.)
10. Zhurba V.A., Kovalev I.A., Labkovich A.V., *Lechebno–profilakticheskie meroprijatija pri gnojno–nekroticheskih porazhenijah v oblasti pal'cev u krupnogo rogatogo skota na molochnyh kompleksah* (Therapeutic and preventive measures for purulent-necrotic lesions in the toes of cattle on dairy farms), Vitebsk: VGAVM, 2019, 24 p.
11. Garvey M., Lameness in dairy cow herds: disease aetiology, prevention and management, *Dairy*, 2022, Vol. 3, No. 1, pp. 199–210.
12. Vinnikov M.G. i dr., *Vestnik rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2019, No. 2, pp. 62–64. (In Russ.)

13. Zhumamuratov E.Zh.U., *IN SITU*, 2022, No. 6, pp. 86–87. (In Russ.)
14. Sajthanov Je.O., Besedin D.S., *Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*, 2019, No. 2 (42), pp. 156–161. (In Russ.)
15. Alvergnas M. et al., Claw disorders in dairy cattle: Effects on production, welfare and farm economics with possible prevention methods, *Livestock Science*, 2019, Vol. 222, pp. 54–64.
16. O'Driscoll K., McCabe M., Earley B., Leukocyte profile, gene expression, acute phase response, and metabolite status of cows with sole hemorrhages, *Journal of dairy science*, 2017, Vol. 100, No. 11, pp. 9382–9391.
17. Sun D. et al., Shotgun proteomic analysis of plasma from dairy cattle suffering from footrot: characterization of potential disease–associated factors, *PLoS One*, 2013, Vol. 8, No. 2, pp. 55973.

ВЕСТНИК НГАУ №1(70) 2024