

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№1(74)
2025

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 1(74) 2025

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., зав. 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)

Редакционная коллегия:

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, доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

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

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

Васильева О.Ю. – д-р биол. наук, доцент, зав. лабораторией декоративных растений Центрального сибирского ботанического сада (Новосибирск, Россия)

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 ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

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

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

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, руководитель ИЭВСиДВ 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, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Капустянчик С.Ю. – д-р с.-х. наук, директор СибНИИРС ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

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

Костомахин Н.М. – д-р биол. наук, проф. кафедры молочного и мясного скотоводства РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

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

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

Минджун Ли. – проф., директор Института биотехнологии животных Академии животноводства КНР (Синьцзян, Китай)

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)

Петров А.Ф. – д-р с.-х. наук, директор Института агробиотехнологий НГАУ (Новосибирск, Россия)

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, Македония)

Саттаров Д.С. – д-р с.-х. наук, директор центра инновационной биологии и медицины НАН Таджикистана (Душанбе, Таджикистан)

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, ведущий научный сотрудник ИПА СО 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 *О.Н. Мищенко*

Редактор *М.А. Мжельская*

Компьютерная верстка *В.С. Колбин*

Дата выхода в свет 28 марта 2025 г. Свободная цена.

Формат 60 × 84 1/8. Объем 31,5 уч.-изд. л. Бумага офсетная.

Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2798.

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

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 1(74) 2025

**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:

Rudoy E.V. – D.Sc. (Econ.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of the Novosibirsk State Agrarian University, Chairman of the Editorial Board (Novosibirsk, Russia)

Kochnev N.N. – D.Sc. (Biol.), Professor, Head of the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology of the Novosibirsk State Agrarian University, Editor-in-Chief (Novosibirsk, Russia)

Kamal'tdinov E.V. – D.Sc. (Biol.), Associate Professor, Deputy Editor-in-Chief (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – D.Sc. (Agr.), Professor, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Northern Trans-Urals State Agrarian University (Tyumen, Russia)

Belyaev A.A. – D.Sc. (Agr.), Associate Professor, Department of Plant Protection, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Budazhapov L.V. – D.Sc. (Biol.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Buryat Scientific Research Institute of Agriculture SB RAS (Ulan-Ude, Russia)

Bulashev A.K. – D.Sc. (Vet.), Professor, Department of Biotechnology and Microbiology, S. Seifullin Kazakh Agro-technical University (Astana, Kazakhstan)

Vasilieva O.Yu. – D.Sc. (Biol.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Ornamental Plants, Central Siberian Botanical Garden (Novosibirsk, Russia)

Vyshegurov S.Kh. – D.Sc. (Agr.), Professor, Head of the Department of Botany and Landscape Architecture, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – D.Sc. (Agr.), Professor of the Department of Plant Growing and Forage Production, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Gamzikov G.P. – D.Sc. (Biol.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Goncharov N.P. – D.Sc. (Biol.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Dobrotvorskaya S.Yu. – D.Sc. (Agr.), Chief Researcher Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Donchenko A.S. – D.Sc. (Vet.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Institute of the Veterinary Medicine of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Dubovsky I.M. – D.Sc. (Biol.), Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Zhuchaevev K.V. – D.Sc. (Biol.), Vice-Rector for Research, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kapustyanchik S.Yu. – D.Sc. (Agr.), Director of the Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding – Branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Kashevarov N.I. – D.Sc. (Agr.), Head of the Siberian Research Institute of Feed SFSCARAS (Novosibirsk, Russia)

Kostomakhin N.M. – D.Sc. (Biol.), Professor of the Department of Dairy and Beef Cattle Breeding of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow, Russia)

Kochetov A.V. – D.Sc. (Biol.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Mager S.N. – D.Sc. (Biol.), Professor, Head of the Siberian Research Institute of Animal Science of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Mingjun Liu. – Professor, Director of the Institute of Animal Biotechnology of the Chinese Academy of Animal Science (Xinjiang, China)

Nozdin G.A. – D.Sc. (Vet.), Prof., Professor, Department of Pharmacology and General Pathology, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Nurgaziev R.Z. – D.Sc. (Vet.), Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of the Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)

Petrov A.F. – D.Sc. (Agr.), Director of the Institute of Agrobiotechnology, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Petukhov V.L. – D.Sc. (Biol.), Prof., Professor, Department of Veterinary Genetics and Biotechnology, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Popovski Z. – D.Sc. (Agr.), Professor, Department of Biochemistry and Genetic Engineering, University of St. Cyril and Methodius (Skopje, Macedonia)

Sattarov D.S. – D.Sc. (Agr.), Director of the Center for Innovative Biology and Medicine of the National Academy of Sciences of Tajikistan (Dushanbe, Tajikistan)

Soloshenko V.A. – D.Sc. (Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Siberian Research Institute of Animal Science of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)

Sharkov I.N. – D.Sc. (Biol.), Chief Researcher of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia)

Sheiko I.P. – D.Sc. (Agr.), Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus, First Deputy Director General of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry” (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.N.*

Editor *Mzhelskaya M.A.*,

Desktop publishing: *Kolbin V.S.*

Date of publication March 28th 2025. Free price.

Size is 60 × 84¹/₈. Volume contains 31,5 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2798.

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

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Ван Ч., Паркина О.В., Якубенко О.Е. Влияние сроков посева на продолжительность вегетационного периода и продуктивность фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья	Wang Zhenfen, Parkina O.V., Yakubenko O.E. Influence of sowing dates on the vegetation period and productivity of common bean under the conditions of the forest-steppe of the Priobye region	5
Волкова Г.В., Кустадинчев А.Д., Тараненко В.В. Оценка эффективности фунгицидов на рапсе озимом против основных грибных болезней в условиях центральной зоны Краснодарского края	Volkova G.V., Kustadinchev A.D., Taranenko V.V. Assessment of the fungicides efficiency on winter rapeseed against the main fungal diseases in the central zone of Krasnodar krai	13
Галеев Р.Р., Потапов П.Н., Мурзин А.И., Потапов Н.А., Потапова С.С. Особенности сравнительной оценки сортов картофеля мирового генофонда в лесостепи Новосибирского Приобья	Galeev R.R., Potapov P.N., Murzin A.I., Potapov N.A., Potapova S.S. Special aspects of comparative assesment of potato varieties of global gene pool in forest steppe of Novosibirsk Priobye	21
Гуляева А.А., Берлова Т.Н., Галькова А.А., Ефремов И.Н. Хозяйственно-биологическая оценка гибридных форм вишни войлочной в условиях Орловской области	Gulyaeva A.A., Berlova T.N., Galkova A.A., Efremov I.N. Economic and biological evaluation of hybrid forms of nanjing cherry in the Oryol region	30
Макарова К.С., Петров А.Ф., Семенюк Ю.А. Совершенствование технологии производства земляники садовой в условиях лесостепи Западной Сибири	Makarova K.S., Petrov A.F., Semenyuk Yu.A. Improving the technology of strawberry production in the conditions of the forest-steppe of Western Siberia	40
Малюга А.А., Чуликова Н.С., Близняк У.А., Черняев А.П., Борщеговская П.Ю., Юров Д.С., Зубрицкая Я.В., Ипатова В.С., Шимко П.А., Родин И.А. Влияние ускоренных электронов с энергией 1 МэВ на рост патогенов сельскохозяйственных растений	Malyuga A.A., Chulikova N.S., Bliznyuk U.A., Chernyaev A.P., Borshchegovskaya P.Yu., Yurov D.S., Zubritskaya Ya.V., Ipatova V.S., Shimko P.A., Rodin I.A.. The effect of acceleratedelectrons with an energy of 1mev on the growth of agriculturalplantspathogens	47
Мистратова Н.А., Бопп В.Л. Оценка варьирования морфометрических параметров ягод и плодовых кистей смородины красной в условиях Красноярской лесостепи	Mistratova N.A., Bopp V.L. Assessment of variation of morphometric parameters of red currant berries and fruit brushes in the Krasnoyarsk Forest-steppe	59
Петров А.Ф., Галеев Р.Р., Чиркова А.Н., Шахристова А.А., Петров Н.А. Разработка и совершенствование приемов увеличения производства перца сладкого в условиях лесостепной зоны Западной Сибири	Petrov A.F., Galeev R.R., Chirkova A.N., Shakhristova A.A., Petrov N.A. Development and improvement of methods for increasing the production of sweet pepper in the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia	68
Пехова О.А., Тимашева Л.А., Данилова И.Л., Белова И.В. Метаболические особенности <i>Monarda fistulosa</i> L., выращенной в Крыму	Pekhova O.A., Timasheva L.A., Danilova I.L., Belova I.V. Metabolic characteristics of <i>Monarda fistulosa</i> L., grown in Crimea	74
Погорелов А.В., Мельченко А.И., Погорелова В.А. Накопление кадмия в тыквенных растениях в зависимости от сорта и концентрации его в атмосферных осадках	Pogorelov A.V., Melchenko A.I., Pogorelova V.A. Accumulation of cadmium in pumpkin plants depending on the variety and its concentration in precipitation	82
Причко Т.Г., Митник Ю.В., Смелик Т.Л., Головко К.В. Оптимизация технологических приемов, обеспечивающих улучшение окраски плодов яблони сорта Пинк Леди	Prichko T.G., Mitnik Yu.V., Smelik T.L., Golovko K.V. Optimization of technological methods that help improve the color of the fruits of the Pink Lady apple tree	91
Тишкова А.Г., Асеева Т.А. Влияние различных систем защиты на уровень развития основных фитопатогенов сои в Хабаровском крае	Tishkova A.G., Aseeva T.A. I nfluence of various protection systems on the level of development of the main phytopathogens of soybean in Khabarovsk krai	101
Шпатова Т.В., Штерншис М.В., Козлова А.С. Биоконтроль грибных болезней черной смородины с использованием микроорганизмов в условиях Сибири	Shpatova T.V., Shternshis M.V., Kozlova A.S. Biocontrol of black currant diseases using microorganisms under Siberian conditions	112

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ
И БИОТЕХНОЛОГИЯVETERINARY, ANIMAL SCIENCES
AND BIOTECHNOLOGY

Арабова З.М., Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х.-Х., Бакин И.А., Коннова О.И., Мустафина А.С., Аникина Д.С. Исследование аминокислотного и липидного состава икорного вторичного сырья пресноводных рыб	Arabova Z.M., Aleksanyan I.Y., Nugmanov A.H.-H., Bakin I.A., Konnova O.I., Mustafina A.S., Anikina D.S. Investigation of amino acid and lipid composition of caviar secondary raw materials of freshwater fish	120
Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Кондрашкова И.С. Оценка племенных и продуктивных качеств крупного рогатого скота голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3)	Afanasyeva A.I., Sarychev V.A., Kondrashkova I.S. Assessment of breeding and productive qualities of holsteinized cattle depending on polymorphism of the kappa-casein gene (CSN3)	134
Джаксыбаева Г.Г., Кочнев Н.Н. Идентификация генов, ассоциированных с молочной продуктивностью коров симментальской и красной степной пород Казахстана	Jaxybayeva G.G., Kochnev N.N. Identification of genes associated with milk productivity of cows of simmental and red steppe breeds of Kazakhstan	142
Зайко О.А., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Себежко О.И. Дифференциация накопления цинка в организме свиней породы ландрас	Zaiko O.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I. Differentiation of zinc accumulation in the body of the landras pigs	151
Кабардиев С.Ш., Биттиров А.М., Шапиев Б.И., Карпущенко К.А. Загрязненность инвазионными элементами гельминтов водных ресурсов, почв и объектов инфраструктуры в районе горы Эльбрус	Kabardiev S.Sh., Bittirov A.M., Shapiev B.I., Karpushchenko K.A. Contamination of water resources, soils and infrastructure objects in the area of Elbrus mountain by helminth infestation elements	163
Климанова Е.А., Александрова Д.А., Кочнев Н.Н. Молекулярно-генетический анализ взаимодействия генов, ассоциированных с репродуктивными функциями животных	Klimanova E.A., Alexandrova D.A., Kochnev N.N. Molecular genetic analysis of the interaction of genes associated with reproductive functions of animals	170
Лазарева М.В., Шкиль Н.А. Применение хелатных соединений микроэлементов и их влияние на физиологический статус свиней	Lazareva M.V., Shkil N.A. Application of chelate compounds of trace elements and their influence on physiological status of pigs	177
Микряков Д.В., Тарлева А.Ф., Жандалгарова А.Д. Влияние пробиотического препарата «Экофлор» на активность гликозидаз в кишечнике стерляди	Mikryakov D.V., Tarleva A.F., Zhandalgarova A.D. Effect of the probiotic preparation "Ecoflor" on the activities of glycosidase in the intestines of starlet	186
Попов Д.В., Бабенков В.Ю., Глазко Т.Т., Косовский Г.Ю. Применение гонадотропинов на самках сельскохозяйственных видов с круглогодичным и сезонным типом воспроизводства	Popov D.V., Babenkov W.Yu., Glazko T.T., Kosovsky G.Yu. Use of gonadotropins on females of agricultural species with year-round and seasonal type of reproduction	194
Урядников М.А., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на процессы репарации у крыс	Uryadnikov M.A., Dashko D.V. Influence of transcranial electrical stimulation on repair processes in rats	215
Чепуштанова О.В., Пачина О.Н., Маркова Н.А. Влияние сроков хранения инкубационного яйца на вывод молодняка кросса Хайсекс браун	Chepushtanova O.V., Pachina O.N., Markova N.A. Influence of hatching egg storage time on hatching of young calves of the Chasex Braun cross	225
Чердакова В.О., Бряднов В.С., Шкиль Н.Н., Швыдков А.Н., Голубев В.С. Оценка бактерицидной активности лабораторного образца препарата Аргосид	Cherdakova V.O., Bryadnov V.S., Shkil N.N., Shvydkov A.N., Golubev V.S. Evaluation of the bactericidal activity of a laboratory sample of Argocide	236
Шкиль Н.А., Лазарева М.В. Биохимические показатели крови свиней при использовании в рационах хелатных соединений микроэлементов	Shkil N.A., Lazareva M.V. Biochemical parameters of pig blood when using microelement chelate compounds in diets	243
Яковлева Н.С., Ухлова А.В., Локтев И.А. Влияние Ветом 20.76 на всасывающую способность тонкого отдела кишечника и структуру печени гусей красноозерской породы	Yakovleva N.S., Ukhlova A.V., Loktev I.A. The effect of the microbial preparation Vetom 20.76 on the absorption capacity of the thin intestine and the liver structure geese	251

АГРОНОМИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-5-12

УДК 631.524.84:635.652.2(571.14)

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ
ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ФАСОЛИ
ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ^{1,2}Ч. Ван, ¹О.В. Паркина, ¹О.Е. Якубенко¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия²Суйхуаский университет, Суйхуа, Китай

E-mail: lesselect@edubiotech.ru

Для цитирования: Ван Ч., Паркина О.В., Якубенко О.Е. Влияние сроков посева на продолжительность вегетационного периода и продуктивность фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 5–12. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-5-12.

Ключевые слова: фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L), среднесуточная температура, сумма осадков, вегетационный период, продуктивность, корреляция, лесостепь Приобья.

Реферат. В работе представлен процесс изучения адаптивности фасоли обыкновенной в лесостепи Приобья, анализ различий в продолжительности вегетационного периода и продуктивности при раннем и позднем посеве. Объект исследования — среднеспелый сорт Солнышко. Работа проведена на опытном поле «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ в 2022–2024 гг. В вегетационный период фиксировали даты наступления фаз, метеорологические факторы (среднесуточная температура, сумма активных температур и осадков), элементы продуктивности (масса и число бобов с растения, масса одного боба, урожайность зеленых бобов). Использовали программное обеспечение IBM SPSS Statistics для анализа дисперсии и корреляционного анализа. Проведенные исследования показали, что среднеспелый сорт Солнышко подходит для посева в лесостепи Приобья в третьей декаде мая в лесостепи Приобья. Если срок посева задерживается, то вегетационный период сокращается, коэффициент вариации продолжительности периода «посев — техническая спелость» составляет 52,6 %. Продолжительность фенологической стадии в ранний срок посева отрицательно коррелирует с среднесуточной температурой ($r = -0,685$) и положительно коррелирует ($r = 0,584–0,682$) в поздний срок. Сумма активных температур и осадков имеют положительную корреляцию с продолжительностью фенологических периодов. Масса и число бобов с растения, урожайность зеленых бобов проявили в третьем сроке посева уменьшение на 35,9–38,4, на 28,0–34,8, на 36,0–37,8 % ($p < 0,05$ между сроками, $p < 0,001$ между годами). Стадия «бутонизация — цветение» может быть ключевым периодом, влияющим на урожайность фасоли.

INFLUENCE OF SOWING DATES ON THE VEGETATION PERIOD AND
PRODUCTIVITY OF COMMON BEAN UNDER THE CONDITIONS OF THE
FOREST-STEPPE OF THE PRIOBYE REGION^{1,2}Zhenfen Wang, ¹O.V. Parkina, ¹O.E. Yakubenko¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia²Suihua University, Suihua, China

E-mail: lesselect@edubiotech.ru

Keywords: common bean (*Phaseolus vulgaris* L), average daily temperature, total precipitation, vegetation, productivity, correlation, forest-steppe of Priobye.

Abstract. This study of the adaptability of common bean in the forest-steppe region of Priobye analyzes the differences in the duration of the growing season and productivity between early and late sowing. The object of the research is the medium-early variety “Solnyshko.” The work was conducted at the experimental field “Sad Michurintsev” of Novosibirsk State Agrarian University from 2022 to 2024. During the growing season, the dates of phenophase onset, meteorological factors (average daily temperature, sum of active temperatures, and

precipitation), and productivity elements (mass and number of pods per plant, mass of one pod, yield of green beans) were recorded. IBM SPSS Statistics software was used for variance analysis and correlation analysis. The conducted research showed that the medium-early variety "Solnyshko" is suitable for sowing in the third decade of May in the forest-steppe region of Priobye. If the sowing period is delayed, the growing season is shortened, with the coefficient of variation for the duration of the "sowing to technical maturity" period being 52.6%. The average daily temperature negatively correlates ($r = -0.685$) with the duration of the phenological stage in the early growing season of beans, while it positively correlates ($r = 0.584-0.682$) with the duration of the phenological stage in the late period. The sum of active temperatures and precipitation has a positive correlation with the duration of phenological periods. The mass and number of pods per plant, as well as the yield of green beans, decreased in the third sowing period by 35.9–38.4, 28.0–34.8, and 36.0–37.8 % ($p < 0.001$ between sowing dates, $p < 0.05$ between years). The stage "bud formation – flowering" may be a key period influencing the yield of beans.

Обыкновенная фасоль – это однолетняя бобовая культура, которую ценят за доступность и питательную ценность; она широко выращивается по всему миру [1].

Вегетационный период является одним из самых важных показателей оценки адаптивности сорта к региону и зависит от множества факторов, таких как генетика, географическая среда, способы посева и агрономическое управление [2].

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от взаимодействия генов и окружающей среды, и любая комбинация абиотических стрессов может привести к снижению урожайности культур [3].

Сроки посева оказывают значительное влияние на рост, развитие и урожайность культур [4–5], оптимальное время посева позволяет согласовать рост и развитие растений с природными климатическими особенностями региона, что способствует эффективному использованию влаги и тепла, а также достижению высококачественного и высокоурожайного результата.

Существует ряд исследований о влиянии сроков посева на рост, развитие и урожайность фасоли. В Томской области продолжительность периода от цветения до созревания у фасоли зависит от дружности цветения, продуктивности сорта и от наличия тепла [6]. Достаточное количество воды может продлить вегетационный период фасоли на 7–10 дней [7]. Оптимальная степень водного стресса на разных стадиях вегетации может увеличить урожайность [8]. Кроме того, изучение сроков посева также играет важную роль в определении селекционных целей. Например, в регионе Египта на основе данных экспериментов по срокам посева прогнозируют урожайность при изменении климата к 2100 г. и рекомендуют создать сорта, устойчивые к засухе и жаре [9]. В Руанде ранние посевы более подвержены высокому давлению болезней и вредителей [10]. Все исследования подвержены влиянию регионального

климата, окружающей среды и других факторов, поэтому они имеют определенные ограничения.

В условиях глобальных климатических изменений изучение механизма влияния срока посева на рост, развитие и продуктивность фасоли способствует оптимизации управления сельскохозяйственным производством, повышению урожайности и адаптации к вызовам, связанным с климатическими изменениями.

Лесостепь Приобья характеризуется коротким безморозным периодом, поэтому технологии ускоренного посева, адаптации и высокоурожайности стали основными направлениями в селекции фасоли.

Цель исследования – рекомендовать оптимальные сроки посева для реализации высокого потенциала сортовой продуктивности фасоли овощной.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние срока посева на продолжительность отдельных фаз и вегетационного периода фасоли овощной.
2. Определить долю влияния гидротермических условий и срока посева на длительность межфазных периодов.
3. Оценить влияние срока посева на элементы продуктивности фасоли овощной.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на опытном поле «УПХ Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ. Почва – серая лесная.

Сумма осадков в мае 2022 г. составила 3 мм, а с 3 по 7 июня минимальная температура воздуха была ниже 5 °С. 30 мая и 2 июня 2024 г. минимальная температура воздуха была ниже 0 °С. Весенняя засуха и возвращение холодного воздуха поздней весной являются климатическими особенностями лесостепи Приобья.

В качестве объекта выбран среднеспелый сорт Солнышко. Установлены три срока посева: 16 мая, 23 мая, 30 мая 2022 г.; 18 мая, 25 мая и 1 июня 2023 г.; 16 мая, 23 мая, 30 мая 2024 г. Три повторности. Схема посева – 3×0,7 м², используется случайное расположение блоков.

В соответствии с репродуктивным процессом необходимо наблюдать и дать описание фенологических периодов: всходы – первый настоящий лист, бутонизация – цветение, техническая спелость – биологическая спелость [11].

В период сбора зеленых бобов фасоли отбирают 10 растений фасоли, учитывают массу и число бобов с растения, массу одного боба и урожайность зеленых бобов. Интервал составляет 7 дней, всего собирают 3 раза.

Метеорологические данные были получены из «Новосибирского ЦГМС-РСМЦ».

Проведен анализ дисперсии и корреляции экспериментальных данных фасоли обыкновенной с использованием IBM SPSS 27.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2022 г. период «посев – техническая спелость» при позднем посеве увеличился на 4 дня, тогда как в 2023–2024 гг. период сбора зеленых бобов сократился (табл. 1). Продолжительность периода «посев – техническая спелость» для первого и второго сроков посева составляет от 61 до

67 дней, среднее значение – 63 дня. Для третьего срока посева этот период сократился до 60–65 дней, среднее значение – 62 дня ($p < 0,001$). Продолжительность всего вегетационного периода составляет соответственно 100 дней, 98–100 дней и 92–96 дней ($p < 0,001$). Коэффициент вариации продолжительности периода «посев – техническая спелость» составляет 52,6 %, периода «посев – биологическая спелость» – 5,9 %. Поздний посев сократил количество дней до сбора зеленых бобов и всего вегетационного периода, а также оказал сильное влияние на продолжительность периода «посев – техническая спелость».

Продолжительность фенофаз «всходы – первый настоящий лист», «первый настоящий лист – бутонизация», «бутонизация – цветение» и «техническая спелость – биологическая спелость» сокращается соответственно на 1–2 дня, 4–13 дней, 1–6 дней и 2–8 дней. В то же время продолжительность фазы «цветение – техническая спелость» увеличивается на 2–10 дней. Коэффициент вариации продолжительности «посев – всходы» составляет 76,2 %, коэффициент вариации фазы «бутонизация – цветение» составляет 56,1 %. Таким образом, поздний посев в основном определяет сокращение репродуктивного и начального периода вегетативного роста фасоли, а также стадию созревания семян, в то время как диапазон изменения продолжительности периода «посев – всходы» является наибольшим.

Таблица 1

Длина межфазных периодов и периода вегетации фасоли обыкновенной, дни
The length of the interphase periods and the growing season of common beans, days

Срок посева	Год посева	Посев – всходы	Всходы – первый настоящий лист	Первый настоящий лист – бутонизация	Бутонизация – цветение	Цветение – техническая спелость	Техническая спелость – биологическая спелость	Посев – техническая спелость	Вегетационный период
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-й	2022	12	6	24	6	13	39	61	100
	2023	20	6	17	12	12	33	67	100
	2024	21	8	14	6	12	39	61	100
	X _{ср}	18	7	18	8	12	37	63	100
2-й	2022	9	5	27	9	11	39	61	100
	2023	17	7	16	9	18	31	67	98
	2024	15	7	10	7	17	39	61	100
	X _{ср}	15	6	18	8	16	36	63	99

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3-й	2022	22	5	14	9	15	31	65	96
	2023	12	6	20	6	17	31	61	92
	2024	15	6	10	7	22	33	60	93
	X_{cp}	16	6	15	7	18	32	62	94
НСР ₀₅	Фактор А (срок)	–	–	–	–	–	–	<0,001**	<0,001**
	Фактор В (год)	–	–	–	–	–	–	<0,001**	<0,001**
	Взаимодействие АВ	–	–	–	–	–	–	<0,001**	<0,001**
Cv(AB), %		76,2	23,5	31,6	56,1	29,5	19,6	52,6	5,9

Примечание. X_{cp} – среднее значение, НСР₀₅ – статистически значимо на критическом уровне 5 %, ** – высокая значимость, Cv, % – коэффициент вариации.

Взаимодействие таких факторов, как срок посева и фактические гидротермические условия года исследования, определяет тенденции роста и развития растений фасоли, что позволяет прогнозировать их продуктивность. Фенологические фазы «посев – всходы» и «бутонизация – цветение» имеют противоположные тенденции изменения среднесуточной температуры и суммы осадков, а фенологические фазы «всходы –

первый настоящий лист», «первый настоящий лист – бутонизация» и «цветение – техническая спелость» синхронно увеличиваются. Закономерности изменения суммы активных температур и осадков для стадий «посев – всходы», «цветение – техническая спелость» и «техническая спелость – биологическая спелость» совпадают (табл. 2).

Таблица 2

Метеорологические данные за период вегетации в различных сроках посева периоды
Meteorological data for the growing season during various sowing dates

Срок посева	Год посева	Посев – всходы			Всходы – первый настоящий лист			Первый настоящий лист – бутонизация		
		СТ	САТ	СО	СТ	САТ	СО	СТ	САТ	СО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-й	2022	20,9	130,5	1	20,9	130,5	1	17,7	188,2	49
	2023	16,5	131,0	6	20,9	62,2	7	15,5	94,5	48
	2024	11,3	43,6	35	11,3	43,6	35	21,5	160,9	53
2-й	2022	19,6	86,5	2	11,7	13,5	3	19,1	247,0	57
	2023	18,7	150,8	11	15,7	38,0	8	15,6	90,0	68
	2024	14,3	94,2	49	14,3	94,2	49	22,1	129,1	25
3-й	2022	17,0	131,5	35	18,9	44,5	13	19,6	134,7	30
	2023	22,1	140,5	8	16,0	38,0	6	16,8	139,0	79
	2024	14,1	68,0	56	21,5	73,0	49	22,4	128,8	10
		Бутонизация – цветение			Цветение – техническая спелость			Техническая спелость – биологическая спелость		
		СТ	САТ	СО	СТ	САТ	СО	СТ	САТ	СО
1-й	2022	20,0	123,3	49	20,2	132,2	16	18,5	331,0	59
	2023	20,0	123,3	49	21,9	147,0	24	18,5	280,0	76
	2024	23,3	79,8	6	21,1	136,9	17	21,1	136,9	17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-й	2022	21,6	108,0	31	18,8	93,5	15	18,0	313,5	44
	2023	21,6	108,0	31	21,5	215,5	42	17,8	240,5	63
	2024	21,3	75,3	10	21,4	201,9	48	20,5	409,0	142
3-й	2022	23,9	82,7	15	20,4	158,7	26	17,2	224,5	28
	2023	23,9	82,7	15	21,0	183,2	40	17,8	240,5	63
	2024	21,3	79,4	10	21,9	270,2	70	18,6	282,3	134

Примечание. СТ – среднесуточная температура, °C; САТ – сумма активных температур, °C; СО – сумма осадков, мм.

Максимальные значения массы и числа бобов с растения, урожайности зеленых бобов отмечены при первом и втором сроках посева, тогда как при третьем сроке посева значения уменьшились на 35,9–38,4 %, на 28,0–34,8 %, на 36,0–37,8 % ($p < 0,05$ между сроками, $p < 0,001$ между годами, табл. 3). Тенденция изменения массы одного боба аналогична предыдущим показателям, при третьем сроке посева снижение составило

4,4–11,1 % ($p < 0,05$ между сроками). Показатели продуктивности у сорта Солнышко под воздействием двух факторов – сроков посева и года посева – имеют коэффициент вариации менее 10 %, что свидетельствует о достаточно стабильных особенностях урожайности сорта. В целом второй срок посева фасоли у сорта Солнышко показал наилучшие параметры продуктивности.

Таблица 3

Элементы продуктивности фасоли обыкновенной (2022–2024 гг.)
Elements of productivity of common beans (2022–2024)

Срок посева	Год посева	Масса бобов с растения, г	Число бобов с растения, шт.	Масса одного боба, г	Урожайность, кг/м ²
1-й	2022	104,5	24	4,4	2,3
	2023	204,4	46	4,4	4,5
	2024	161,8	35	4,6	3,6
	Хср	156,9	35	4,5	3,5
2-й	2022	114,9	25	4,5	2,5
	2023	185,1	41	4,5	4,1
	2024	210,9	46	4,5	4,6
	Хср	170,3	38	4,5	3,7
3-й	2022	73,6	18	4,0	1,6
	2023	126,0	30	4,3	2,8
	2024	133,0	31	4,3	2,9
	Хср	110,9	26	4,2	2,4
НСР05	Фактор А (срок)	0,0166*	0,0201*	0,0109*	0,0184*
	Фактор В (год)	0,0016**	0,0005**	0,2139	0,0019**
	Взаимодействие АВ	0,6135	0,4032	0,7226	0,6550
Cv(AB), %		5,5	7,6	5,9	5,1

Примечание. * – средняя значимость.

Note. * – average significance.

Поскольку скорость роста и развития культур зависит от температуры [12], высокие температуры в фазе репродуктивного развития фасоли

могут привести к серьезному опадению бутонов, цветов и бобов фасоли [13], водный стресс также

может вызывать подобные явления [14], что препятствует реализации потенциала урожайности.

Продолжительность периодов от появления всходов до цветения зависит от факторов окружающей среды [15]. Третий срок перед цветением проходит в лучших условиях обеспечения влагой и теплом по сравнению с первыми двумя, что способствует быстрому росту фасоли.

В период «бутонизация – цветение» высокая температура может привести к преждевременному цветению культур [16], что, возможно, является одной из причин сокращения фенологических дней третьего срока. Кроме того, несоответствие между осадками и температурой также может оказать негативное влияние на количество цветков и формирование бобов. При втором сроке, в условиях высокой температуры и обильных осадков, была получена самая высокая масса и число бобов с растений. Факторы, препятствующие проявлению продуктивности, присутствуют при третьем сроке посева, включая высокие температуры, недостаток осадков и короткую продолжительность фенофаз.

В периоде «цветение – техническая спелость» масса и число бобов с растения, урожайность зеленых бобов имеют значительную корреляцию с среднесуточной температурой ($r = 0,572-0,631$). У третьего срока посева наивысшие среднесуточные показатели: осадки (2,5 мм/д), среднесуточная температура (21,1 °C) и продолжительность фе-

нологической фазы (18 дней). В таких условиях урожайность не увеличилась. Поэтому ключевой фенологической фазой, влияющей на урожайность фасоли, возможно, является стадия «бутонизация – цветение».

Таким образом, в процессе роста фасоли высокие температуры и недостаток осадков снижают урожай, уменьшая максимальное качество, которого можно достичь в процессе роста. В агрономическом управлении можно смягчить водно-тепловой эффект, изменив дату посева, чтобы избежать высоких температур в период репродуктивного развития.

ВЫВОДЫ

1. Сорт фасоли Солнышко в лесостепи Приобья рекомендуется высевать в оптимальный срок посева – второй срок (23–25 мая).

2. Длительность фенологического периода до цветения имеет значительную отрицательную корреляцию с среднесуточной температурой ($r = -0,685$), а после цветения – значительную положительную корреляцию ($r = 0,572-0,631$). Длительность разных фенологических периодов имеет значительную положительную корреляцию с суммой активных температур и осадков. Стадия «бутонизация – цветение» может быть ключевым периодом, влияющим на урожайность фасоли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Н.Р. Фасоль. – Л.; М.: Сельхозгиз, 1961. – 280 с.
2. *The adaptability of short-season soybean genotypes to varying longitudinal regions* / J. Miladinovic, H. Kurosaki, J.W. Burton [et al.] // *European Journal of Agronomy*. – 2006. – Vol. 25, N 3. – P. 243–249. – DOI: 10.1016/j.eja.2006.05.007.
3. *Dry beans (Phaseolus vulgaris L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security: A review* / M.A. Uebersax, K.A. Cichy, F.E. Gomez [et al.] // *Legume Science*. – 2023. – Vol. 5, N 1. – e155. – DOI: 10.1002/leg3.155.
4. Тихончук П.В. Влияние сроков посева на рост и развитие фасоли обыкновенной // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2008. – № 10(48). – С. 10–15. – EDN JUSCOL.
5. Викторова И.А., Чудинова Ю.В., Дадакина И.С. Влияние сроков и нормы посева на рост, развитие и урожайность фасоли овощной // *Научные основы развития АПК: сб. науч. тр. по мат-м XXV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием, Томск, 26 апреля – 2 мая 2023 г.* – Томск; Новосибирск: ИЦ Золотой колос, 2023. – С. 108–113. – EDN JCYNLY.
6. Коцюбинская О.А. Продуктивность, экологическая пластичность сортов фасоли овощной при различных сроках посева и нормах посева в южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. сельхоз. наук. – М., 2020. – 190 с. – EDN GLSOIJ.
7. Козлова И.В. Влияние уровня минерального питания и применения полива на продуктивность и урожайность зерновой фасоли // *Рисоводство*. – 2020. – № 1 (46). – С. 54–58. – DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58. – EDN JLFEDP.
8. *Effects of water stress on grain yield in the vegetative phase of bean cultivation (Phaseolus vulgaris L.)* / R. Polon-Perez [et al.] // *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. – 2017. – Vol. 26, N 1. – P. 66–70.
9. *Effect of sowing dates, irrigation levels, and climate change on yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.)* / H. Abd El-Aal, N. El-Hwat, N. El-Hefnawy, M. Medany // *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. – 2011. – Vol. 11. – P. 79–86.

10. *The effect of planting date on weed density, biomass, and seed yield in common bean (Phaseolus vulgaris L.) in the semi-arid region of Nyagatare, Rwanda* / B. Byiringiro, S. Birungi, A. Musoni, A.B. Mashingaidze // *Tropical Agriculture*. – 2017. – Vol. 94, N 4. – P. 335–345.
11. Буданова В.И. Овощные бобовые культуры. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1958. – 87 с.
12. *Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress* / R. Zhou, X. Yu., C.O. Ottosen [et al.] // *BMC Crop Biology*. – 2017. – Vol. 17. – DOI: 10.1186/s12870-017-0974-x.
13. *Konsens I., Ofir M., Kigel J. The effect of temperature on the production and abscission of flowers and pods in snap bean (Phaseolus vulgaris L.)* // *Annals of Botany*. – 1991. – Vol. 67, N 5. – P. 391–399. – DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088173.
14. *Effects of different irrigation regimes on the yield and yield components of dry bean (Phaseolus vulgaris)* / M. Işik, Z. Önceler, S. Cakir, F. Altay // *Acta Agronomica Hungarica*. – 2005. – Vol. 52, N 4. – P. 381–389. – DOI: 10.1556/AAgr.52.2004.4.7.
15. Хапылан О.О., Чадамба Н.Д. Фазы роста и развития фасоли обыкновенной в сухостепной зоне Республики Тыва // *Международный студенческий научный вестник*. – 2020. – № 3. – С. 118. – EDN GBWWRG.
16. *Atkinson D., Porter J.R. Temperature, plant development and crop yields* // *Trends in Plant Science*. – 1996. – Vol. 1, N 4. – P. 119–124. – DOI: 10.1016/S1360-1385(96)90006-0.

REFERENCES

1. Ivanov N., *Fasol'* (Beans), Leningrad; Moscow, 1961, 280 p.
2. Miladinovic J., Kurosaki H., Burton J.W., Hrustic M., Miladinovic D., The adaptability of shortseason soybean genotypes to varying longitudinal regions, *European Journal of Agronomy*, 2006, Vol. 25, No. 3, pp. 243–249, DOI: 10.1016/j.eja.2006.05.007.
3. Uebersax M.A., Cichy K.A., Gomez F.E., Porch T.G., Heitholt J., Osorno J.M., Bales S., Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security: A review, *Legume Science*, 2023, Vol. 5, No. 1, e155, DOI: 10.1002/leg3.155.
4. Tikhonchuk P.V., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2008, No. 10(48), pp. 10–15. (In Russ.)
5. Viktorova I.A., Chudinova Yu.V., Dadakina I.S., *Nauchnye osnovy razvitiya APK* (Scientific foundations of the development of the agro-industrial complex), Proceedings of the XXV All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists with International Participation, Tomsk; Novosibirsk, 2023, pp. 108–113. (In Russ.)
6. Kotsiubinskaya O.A., *Productivity and Ecological Plasticity of Vegetable Bean Varieties under Different Sowing Dates and Seeding Rates in the Southern Forest-Steppe of Western Siberia* (Productivity, ecological plasticity of varieties of vegetable beans at different sowing dates and seeding rates in the southern forest-steppe of Western Siberia), Ph.D. Thesis in Agricultural Sciences, Moscow, 2020, 190 p.
7. Kozlova I.V., *Risovodstvo*, 2020, No. 1(46), pp. 54–58, DOI: 10.33775/1684-2464-2020-46-1-54-58. (In Russ.)
8. Polon-Perez R. et al., Effects of water stress on grain yield in the vegetative phase of bean cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.), *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2017, Vol. 26, No. 1, pp. 66–70.
9. Abd El-Aal H., El-Hwat N., El-Hefnawy N., Medany M., Effect of sowing dates, irrigation levels, and climate change on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 2011, Vol. 11, pp. 79–86.
10. Byiringiro B., Birungi S., Musoni A., Mashingaidze A.B., The effect of planting date on weed density, biomass, and seed yield in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the semi-arid region of Nyagatare, Rwanda, *Tropical Agriculture*, 2017, Vol. 94, No. 4, pp. 335–345.
11. Budanova V.I., *Ovoshchnye bobovye kultury* (Vegetable legumes), Moscow; Leningrad, 1958, 87 p.
12. Zhou R., Yu X., Ottosen C.O., Rosenqvist E., Zhao L., Wang Y., Wu Z., Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress, *BMC Crop Biology*, 2017, Vol. 17, DOI: 10.1186/s12870-017-0974-x.
13. Konsens I., Ofir M., Kigel J., The effect of temperature on the production and abscission of flowers and pods in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Annals of Botany*, 1991, Vol. 67, No. 5, pp. 391–399, DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088173.
14. Işik M., Önceler Z., Cakir S., Altay F., Effects of different irrigation regimes on the yield and yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris*), *Acta Agronomica Hungarica*, 2005, Vol. 52, No. 4, pp. 381–389, DOI: 10.1556/AAgr.52.2004.4.7.
15. Khapylan O.O., Chadamba N.D., *Mezhdunarodny studenchesky nauchny vestnik*, 2020, No. 3, p. 118. (In Russ.)
16. Atkinson D., Porter J.R., Temperature, plant development and crop yields, *Trends in Plant Science*, 1996, Vol. 1, No. 4, pp. 119–124, DOI: 10.1016/S1360-1385(96)90006-0.

Информация об авторах:

Ч. Ван, аспирант

О.В. Паркина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О.Е. Якубенко, кандидат сельскохозяйственных наук

Contribution of the authors:

Zhenfen Wang, PhD student

O.V. Parkina, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

O.E. Yakubenko, PhD in Agricultural Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ НА РАПСЕ ОЗИМОМ ПРОТИВ ОСНОВНЫХ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Г.В. Волкова, А.Д. Кустадинчев, В.В. Тараненко

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), Краснодар, Россия

E-mail: skustadinchev@mail.ru

Для цитирования: Волкова Г.В., Кустадинчев А.Д., Тараненко В.В. Оценка эффективности фунгицидов на рапсе озимом против основных грибных болезней в условиях центральной зоны Краснодарского края // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 13–20. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-13-20.

Ключевые слова: рапс озимый, фомоз, альтернариоз, склеротиниоз, фунгицид, биологическая эффективность, урожайность.

Реферат. Цель исследования – оценить эффективность фунгицидов Прозаро, КЭ; Аканто плюс, КС; Пиктор Актив, КС против комплекса патогенов на рапсе озимом. Исследования проведены на базе полевого стационара Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР) в условиях центральной агроклиматической зоны Краснодарского края. Испытания проведены на сорте рапса озимого Оникс селекции Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). Известно, что значительный вред изучаемой культуре на протяжении большей части вегетационного периода наносят биотрофные патогены *Phoma lingam*, (Tode) Desm, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) и грибы рода *Alternaria*. Оценка биологической эффективности фунгицидов Прозаро, КЭ; Аканто плюс, КС; Пиктор Актив, КС выявила, что значительный эффект в отношении данных заболеваний был от применения препаратов, содержащих протиоконазол 125 г/л + тебуконазол 125 г/л в норме применения 0,8 л/га, пикоксистробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л в норме 0,6 л/га и пираклостробин 250 г/л + боскалид 150 г/л в норме 0,8 л/га на фоне однократной обработки посевов рапса в фазу стеблевания – начало бутонизации культуры (ВВСН 50). Их биологическая эффективность против фомоза составила от 74,1 до 81,5 %, альтернариоза от 82,7 до 85,2 %, склеротиниоза от 81,5 до 87,7 %. Применение фунгицидов, содержащих данные действующие вещества, способствовало получению урожайности рапса озимого от 22,5 до 22,8 ц/га, что было выше по сравнению с контролем (без обработки) на 0,8–1,3 ц/га, при этом сохраненный урожай составил 3,7–6,0 %.

Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2022-0006.

ASSESSMENT OF THE FUNGICIDES EFFICIENCY ON WINTER RAPESEED AGAINST THE MAIN FUNGAL DISEASES IN THE CENTRAL ZONE OF KRASNODAR KRAI

G.V. Volkova, A.D. Kustadinchev, V.V. Taranenko

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP), Krasnodar, Russia

E-mail: skustadinchev@mail.ru

Keywords: winter rapeseed, phomosis, alternaria, sclerotinia, fungicide, biological efficacy, yield.

Abstract. The aim of the study was to assess the efficiency of fungicides Prozar, EC; Acanto plus, SC; Pictor Active, SC against a complex of pathogens on winter rapeseed. The studies were carried out at the field stationary of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center of Biological Plant Protection” (FSBSI FRCBPP) in the central agroclimatic zone of Krasnodar Krai. The experiments were carried out on the winter rapeseed

variety *Onyx* bred by the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center "V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops" (FSBSI FRC ARRIOC). Significant damage to the studied crop is known to be caused by biotrophic pathogens *Phoma lingam*, (Tode) Desm, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) and *Alternaria fungi* throughout most of the growing season. Assessment of the biological efficacy of fungicides Prozaro, EC; Acanto plus, SC; Pictor Active, SC revealed that significant effect on these diseases was achieved by using preparations containing prothioconazole 125 g/l + tebuconazole 125 g/l at an application rate of 0.8 l/ha, picoxystrobin 200 g/l + cyproconazole 80 g/l at an application rate of 0.6 l/ha and pyraclostrobin 250 g/l + boscalid 150 g/l at an application rate of 0.8 l/ha with a single treatment of rapeseed crops in the stem formation - beginning of crop budding phase (BBCH 50). Their biological efficacy against phomosis ranged from 74.1 to 81.5%, alternaria from 82.7 to 85.2%, sclerotinia from 81.5 to 87.7%. The use of fungicides containing these active ingredients contributed to the winter rapeseed yield of 22.5 to 22.8 c/ha, which was higher than the control (without treatment) by 0.8–1.3 c/ha, while the preserved yield was 3.7–6.0%.

The research was carried out in accordance with the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the research on the topic FGRN-2022-0006.

Рапс озимый (*Brassica napus* L. ssp. *olifera* Metzg. *biennis*) – одна из основных и наиболее перспективных масличных культур в России и в мире. По данным Росстата, посевная площадь рапса в 2023 г. составила 2 111,11 тыс. га, валовой сбор – 4 204 тыс. т при урожайности 20,3 ц/га. Площадь посева рапса в Краснодарском крае составляет 30 135 га, при средней урожайности 27,8 ц/га. С расширением посевных площадей рапса одной из главных причин недобора урожая и низкого качества семян рапса озимого являются болезни, поражению которыми подвержены растения данной культуры в течение вегетации [1]. В основном это болезни грибной этиологии. Поражение растений рапса болезнями может приводить к снижению масличности и всхожести семян на 2,0–4,0 и 15,0–39,0 % соответственно по сравнению со здоровыми семенами. Первые признаки могут проявляться уже на ранних стадиях развития растений и вплоть до момента созревания культуры [2]. Массовому распространению болезней способствует посев непротравленными семенами, нарушение элементов технологии возделывания рапса, возделывание неустойчивых к болезням сортов, почвенно-климатические условия [3, 4].

Наиболее вредоносными заболеваниями в условиях центральной зоны Краснодарского края для рапса озимого являются склеротиниоз (белая гниль), фомоз, альтернариоз, приводящие к поражению вегетативных и генеративных органов, в результате чего снижается всхожесть семян на 20 % и более, масса 1000 семян в среднем в 2 раза [5, 6].

Фомоз рапса – возбудитель развивается в двух стадиях: телеоморфа – *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces & de Not, анаморфа – *Phoma lingam* (Tode) Desm. Инфекция поражает культурные и дикорастущие растения семейства крестоцветных от появления всходов и до созревания

семян. Распространен фитопатоген повсеместно. На рапсе особенно вредоносен в районах с влажным и теплым климатом. Вредоносность: гибель всходов, в период вегетации отставание в росте, хлоротичный вид, полегание [7].

Альтернариоз рапса – заболевание, возбудителем которого является несовершенный гриб *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc., вызывающий серую пятнистость, или гриб *Alternaria brassicicola* (Schwein.) Wiltsh., вызывающий темную пятнистость. Грибница этих грибов развивается сначала субкутикулярно, а позже заселяет клетки мезофилла и эпидермиса, располагаясь по межклетникам тканей растения. Вредоносность: поражает все органы растения рапса, в период всходов вызывает загнивание проростков. Заболевание наиболее вредоносно в период формирования стручков. Стручки преждевременно созревают и растрескиваются. В годы эпифитотийного развития заболевания длина стручка уменьшается на 8–26 %, количество семян в стручке снижается на 12–59 %, масса 1000 семян на 15–70 %, содержание масла в семенах на 11–27 % [8].

Склеротиниоз рапса — *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Основным источником этого заболевания являются склероции, сохраняющиеся в почве более пяти лет. Патоген имеет очень широкую специализацию, поражая кроме рапса различные виды растений, относящиеся к 64 семействам. Устойчивых или слабопоражаемых сортов озимого и ярового рапса нет. Вредоносность: поражает стебли, листья, стручки. Заболевание очень вредоносно при поражении главного стебля в период цветения. При поражении в этот период семян не образуется. При более поздних сроках поражения формируются щуплые семена с низкими посевными и техническими качествами: масса 1000 семян снижается на 20–60 %, масличность — более чем на 20 % [9].

Исследование фунгицидов из различных химических классов против основных грибных болезней рапса озимого осуществляется как в нашей стране, так и за рубежом [10].

Сегодня на рынке представлено большое разнообразие фунгицидов для обработок культурных растений, в связи с чем аграрному производителю сложно сделать выбор в пользу того или иного препарата. Поэтому актуальным является вопрос оценки эффективности современных препаратов с различными действующими веществами против основных грибных заболеваний на рапсе озимом.

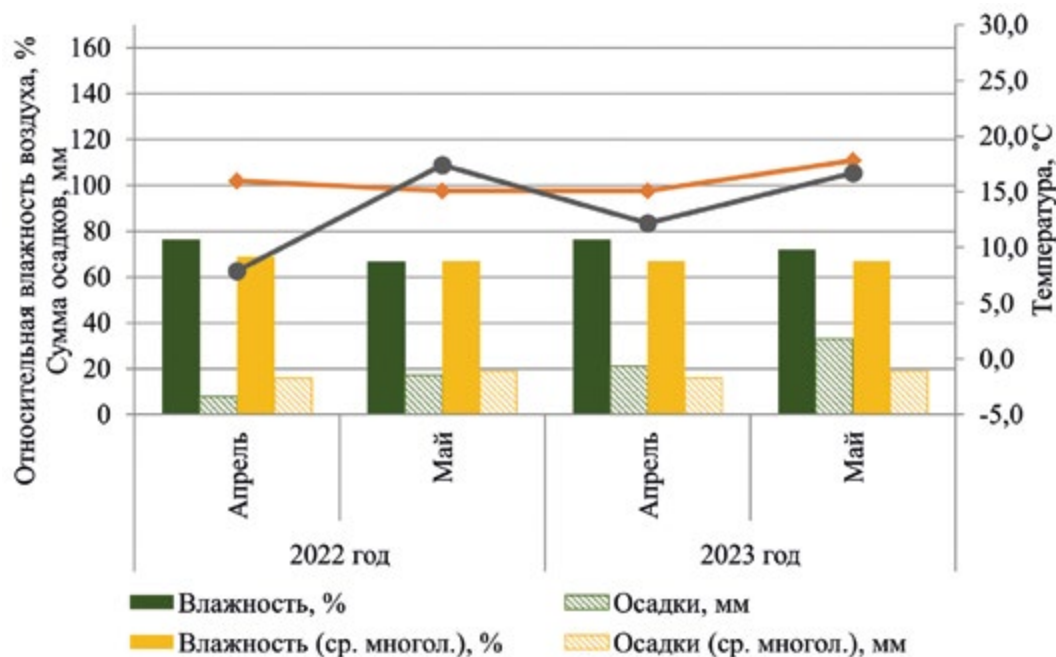
Во всех зонах Краснодарского края, где возделывают рапс озимый, защита от патогенов в настоящее время осуществляется химическими средствами, поэтому подбор наиболее эффективных препаратов против грибных болезней является актуальным. Целью наших исследований было оценить эффективность современных фунгицидов Прозаро, КЭ; Аканто плюс, КС; Пиктор Актив, КС против основных грибных болезней *Phoma lingam*, (Tode) Desm, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) и грибов рода *Alternaria* на рапсе озимом. Подобные исследования были проведены нами ранее, на других культурах [11, 12].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная база ФГБНУ ФНЦБЗР находится на северо-западной окраине г. Краснодара и входит в центральную агроклиматическую зону края. Эта зона расположена по правому берегу реки Кубань. Почвенный покров степного типа представлен разными типами черноземов. Зона благоприятна для возделывания основных сельскохозяйственных культур. Получение высоких урожаев здесь зачастую лимитируется недостатком осадков и высокими среднесуточными температурами воздуха (апрель–август). В засушливые периоды продуктивность сельскохозяйственных культур может быть снижена на 30 % и более.

Полевые опыты располагались на участке стационарного севооборота. Почвенный покров участка – чернозем выщелоченный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, рН водной вытяжки нейтральный (6,9). Содержание подвижных форм фосфора 18,2 мг/100 г почвы, калия – 33,3 мг/100 г почвы. Участок выровнен, эрозии не подвержен. Наименьшая влагоемкость почвы 35,9 %, гигроскопичность – 11,6 %. Коэффициент фильтрации 0,60 мм/мин.

Погодные условия для проведения испытаний были благоприятны как для роста и развития растений рапса озимого, так и патогенов (рисунок).



Климатограмма вегетационного периода рапса озимого за апрель–май 2022–2023 гг., по данным метеостанции «Круглик»

Climatogram of the growing season of winter rapeseed for April–May 2022–2023, according to the Kruglik weather station

Температура воздуха апреля и мая 2022 г. была на одном уровне. Количество среднедекадных осадков, выпавших в мае, в два раза больше, чем за апрель. Наблюдалось увеличение температуры воздуха и осадков в мае 2023 г. по сравнению с апрелем. Влажность воздуха в апреле и мае 2022–2023 гг. изменялась в зависимости от температуры воздуха и количества выпавших осадков, что влияло на развитие и распространённость болезней рапса озимого.

Гидротермический коэффициент Селянинова в 2022–2023 гг. составил 1,0–1,11

Испытание фунгицидов проводили на сорте Оникс, включенном в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону. Растение высотой 165–175 см. Высокопродуктивный среднеспелый сорт. Вегетационный период 292 дня. Устойчив к полеганию. Зимостойкий. Пригоден к механизированной уборке. Период от всходов до созревания рапса 267–275 дней [13].

Предшественник – пшеница озимая. Обработка почвы включала: лущение стерни (два следа)

на глубину 14–16 см, предпосевная культивация на глубину 4–6 см, припосевная культивация на глубину 2–3 см, посев – рядовой с междурядьями 15 см, норма высева семян 8,0 кг/га, прикатывание. Удобрения на опытные участки не вносились, инсектицидные обработки не проводились.

Весной вегетирующие растения обрабатывали рабочим раствором фунгицидов *однократно в фазу стеблевания – начало бутонизации культуры (ВВСН 50)*. Опрыскивание проводили с помощью *ручного опрыскивателя ОЭМП–16*. Первый учет поражения растений болезнями осуществляли непосредственно перед обработкой растений, последующие через 10, 20, 30 сут после обработки.

Были выбраны современные фунгициды с разными действующими веществами. В опыте были использованы фунгициды Прозаро, КЭ (протиокконазол 125 г/л + тебуконазол 125 г/л), Аканто плюс, КС (пираклостробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л) и Пиктор Актив, КС (пираклостробин 250 г/л + боскалид 150 г/л) (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта
Experimental scheme

Вариант опыта	Нормы применения препарата, л/га	Кратность обработок
Прозаро, КЭ	0,8	Однократная
Аканто плюс, КС	0,6	Однократная
Пиктор Актив, КС	0,8	Однократная
Контроль (без обработки)	–	–

Уборку урожая рапса озимого проводили с помощью малогабаритного комбайна Хеge-125. Размещение делянок систематическое, повторность четырехкратная, учетная площадь делянки 12 м² (2×6 м), для удобства работы ручным опрыскивателем. Полученный урожай привели к стандарту по влажности и засоренности согласно ГОСТ 9353–2016.

Фенологические наблюдения, полевые учеты проводили согласно методике полевого опыта [14] и Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве [15].

Статистическую обработку полученных результатов выполняли с использованием компьютерных программ Excel и Statistika 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При обработке вегетирующих растений биологическая эффективность фунгицидов против возбудителя фомоза по вариантам опыта составила на конец мая: Прозаро, КЭ при норме применения 0,8 л/га – 68,3 %; Аканто плюс, КС при норме 0,6 л/га – 66,7 % и максимальный показатель отмечен в варианте с Пиктор Актив, КС при норме 0,8 л/га – 74,6 % при развитии патогена на контроле (без обработки) 6,3 % (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность фунгицидов против *Phoma lingam*, опытное поле ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодарский край (среднее за 2022–2023 гг.)
 Biological efficiency of fungicides against *Phoma lingam*, experimental field of the Federal Scientific Center for Biological Protection of Plants, Krasnodar Krai (average for 2022–2023)

Вариант опыта	Норма применения, л/га	Даты обработки 25.04							
		25.04		05.05		15.05		25.05	
		R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Прозаро, КЭ	0,8	0,2	–	0,4	73,3	1,0	69,7	2,0	68,3
Аканто плюс, КС	0,6	0,3	–	0,5	66,7	1,1	66,7	2,1	66,7
Пиктор Актив, КС	0,8	0,1	–	0,3	80,0	0,8	75,8	1,6	74,6
Контроль (без обработки)	–	0,2	–	1,5	–	3,3	–	6,3	–
НСР ₀₅	–	0,1	–	0,1	–	0,2	–	0,2	–

Примечание. Здесь и далее: R – развитие патогена, БЭ – биологическая эффективность.

Против альтернариоза биологическая эффективность препарата Аканто плюс, КС при норме применения 0,6 л/га составила 82,7 %, несколько уступив препаратам Прозаро, КЭ и Пиктор Актив, КС по 85,2 %, при развитии патогена на контроле (без обработки) 8,1 % (табл. 3).

Таблица 3

Биологическая эффективность фунгицидов против *Alternaria spp.*, опытное поле ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодарский край (среднее за 2022–2023 гг.)
 Biological efficiency of fungicides against *Alternaria spp.*, experimental field of the Federal Scientific Center for Biological Protection of Plants, Krasnodar Krai (average for 2022–2023)

Вариант опыта	Норма применения, л/га	Даты обработки 25.04							
		25.04		05.05		15.05		25.05	
		R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Прозаро, КЭ	0,8	0,1	–	0,3	88,0	0,8	87,7	1,2	85,2
Аканто плюс, КС	0,6	0,1	–	0,1	96,0	0,7	89,2	1,4	82,7
Пиктор Актив, КС	0,8	0,2	–	0,3	88,0	0,8	87,7	1,2	85,2
Контроль (без обработки)	–	0,4	–	2,5	–	6,5	–	8,1	–
НСР ₀₅	–	0,1	–	0,2	–	0,1	–	0,2	–

Биологическая эффективность испытуемых фунгицидов против склеротиниоза варьировала от 55,7 до 64,3 % при развитии болезни на контроле (без обработки) от 0,1 до 7,0 % (табл. 4).

Таблица 4

Биологическая эффективность фунгицидов против *Sclerotinia sclerotiorum*, опытное поле ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодарский край (среднее за 2022–2023 гг.)
 Biological efficiency of fungicides against *Sclerotinia sclerotiorum*, experimental field of the Federal Scientific Center for Plant Protection, Krasnodar Krai (average for 2022–2023)

Вариант опыта	Норма применения, л/га	Даты обработки 25.04							
		25.04		05.05		15.05		25.05	
		R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прозаро, КЭ	0,8	0,2	–	0,3	70,0	0,9	55,0	3,1	55,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аканто плюс, КС	0,6	0,2	–	0,3	70,0	0,8	60,0	2,9	58,6
Пиктор Актив, КС	0,8	0,1	–	0,2	80,0	0,7	65,0	2,5	64,3
Контроль (без обработки)	–	0,1	–	1,0	–	2,0	–	7,0	–
НСР ₀₅	–	0,09	–	0,1	–	0,1	–	0,2	–

Обработанные фунгицидами растения имели более высокую массу 1000 зерен, чем на контроле (без обработки) (табл. 5). Урожайность в варианте с применением Прозаро, КЭ составила 22,8 ц/га, Аканто плюс, КС – 22,5 ц/га. Макси-

мальный урожай получен от применения препарата Пиктор Актив, КС и составил 23,0 ц/га, что больше контрольного варианта на 1,3 ц/га, при этом сохраненный урожай составил 6,0 %.

Таблица 5

Хозяйственная эффективность фунгицидов против комплекса патогенов на рапсе озимом (сорт Оникс), опытное поле ФГБНУ ФНЦБЗР, Краснодарский край (среднее за 2022–2023 гг.)

Economic efficiency of fungicides against a complex of pathogens on winter rape (variety Onyx), experimental field of the Federal Scientific Center for Plant Protection, Krasnodar Krai (average for 2022–2023)

Вариант опыта	Норма применения, л/га	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Сохраненный урожай	
				ц/га	% к контролю
Прозаро, КЭ	0,8	4,50	22,8	1,1	5,1
Аканто плюс, КС	0,6	4,42	22,5	0,8	3,7
Пиктор Актив, КС	0,8	4,54	23,0	1,3	6,0
Контроль (без обработки)	–	4,20	21,7	–	–
НСР ₀₅	–	0,7	0,2	–	–

В условиях центральной зоны Краснодарского края при возделывании рапса озимого однократная обработка растений в фазу «стеблевание – начало бутонизации» культуры по-разному влияла на процессы формирования урожая в зависимости от применяемого препарата и погодных условий. Достоверно установлено эффективное влияние примененных фунгицидов на снижение развития биотрофных патогенов *Phoma lingam*, (Tode) Desm, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) и грибы рода *Alternaria* и увеличение урожайности рапса озимого на 3,7–6,0 %.

ВЫВОДЫ

1. Биологическая эффективность против *Phoma lingam*, (Tode) Desm фунгицида Пиктор Актив, КС при норме применения 0,8 л/га составила 74,6 %, что выше, чем в вариантах с Прозаро, КЭ (0,8 л/га) и Аканто плюс, КС (0,6 л/га) – 68,3 и 66,7 % – соответственно.

2. Биологическая эффективность против грибов рода *Alternaria* фунгицидов Прозаро, КЭ и

Пиктор Актив, КС при норме применения 0,8 л/га составила по 85,2 %, фунгицида Аканто плюс, КС (0,6 л/га) – 82,7 %.

3. Биологическая эффективность против *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) фунгицидов Прозаро, КЭ, при норме применения 0,8 л/га и Аканто плюс, КС при норме 0,6 л/га составила 55,7 и 58,6 % соответственно. Эффективность фунгицида Пиктор Актив, КС составила 64,3 %.

4. Полученные результаты свидетельствуют о значительной эффективности фунгицидов Прозаро, КЭ, Пиктор Актив, КС с нормой применения 0,8 л/га для защиты рапса озимого от опасных грибных болезней в производственных условиях. Фунгицид Аканто плюс, КС при норме 0,6 л/га незначительно им уступил по биологической эффективности.

5. Применение фунгицидов позволило увеличить урожай семян озимого рапса сорта Оникс по сравнению с контролем (без обработки) на 0,8–1,3 ц/га и сохранить урожай от 3,7 до 6,0 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сазонкин К.Д., Виноградов Д.В. Продуктивность озимого рапса в условиях Рязанской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 5 (199). – С. 16–22.
2. Лешкевич Н.В. Фитопатологическое состояние посевов озимого рапса в Беларуси // Защита и карантин растений. – 2023. – № 8. – С. 9–11.
3. Агафонов О.М., Ревенко В.Ю., Рахуба И.А. Экологическая пластичность рапса озимого как основа эффективности его возделывания в зоне неустойчивого увлажнения // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3 (84). – С. 3–9.
4. Перспективная ресурсосберегающая технология производства озимого рапса и сурепицы / Н.И. Бочкарев, Э.Б. Бочкарёва, А.С. Бушнев [и др.]: метод. рекоменд. – М., 2010. – 46 с.
5. Бедловская И.В., Горло В.Е. Биоэкологическое обоснование защиты озимого рапса от комплекса грибных болезней в условиях центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 79. – С. 75–79.
6. Сердюк О.А., Горлова Л.А. Частота встречаемости болезней на рапсе в условиях центральной зоны Краснодарского края // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. мат-в III Междунар. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 468–473.
7. Бык Е.С., Шашко М.Н., Пилук Я.Э. Влияние условий культивирования на скорость роста и Интенсивность спорообразования возбудителя фомоза рапса (*Phoma lingam* (Tode) Desm.) // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 58. – С. 152–159. – EDN ZHHCSX.
8. Оценка эффективности фунгицидов в сдерживании альтернариоза и фомоза на яровом рапсе / Т.Ф. Девяткина, С.С. Чигорин, А.И. Силаев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 5. – С. 19–27. – DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp19–27. – EDN NAJYRQ.
9. Запрудский А.А. Защита озимого и ярового рапса от вредителей, болезней и сорняков // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2. – С. 23.
10. Костоева Л.Ю. Технология возделывания различных сортов озимого рапса в условиях предгорной зоны Республики Ингушетии // Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Назрань, 2021. – 184 с. – EDN YVODDU.
11. Тараненко В.В., Дмитриева И.Г., Муравьев В.С. Экстракт бадьяна в качестве регулятора роста растений // Агрохимия. – 2023. – № 11. – С. 47–52.
12. Тараненко В.В., Дмитриева И.Г., Муравьев В.С. Эффективность влияния производных пиразолопиридинов на продуктивность озимой пшеницы // Агрохимия. – 2022. – № 8. – С. 28–32.
13. Селекция рапса озимого во ВНИИМК: история и новые результаты (обзор) / Э.Б. Бочкарева, Л.А. Горлова, Е.А. Стрельников, В.В. Сердюк // Масличные культуры. – 2021. – № 4 (188). – С. 87–95.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. завед. по агроном. специальностям. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
15. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – 378 с.

REFERENCES

1. Sazonkin K.D., Vinogradov D.V., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 5 (199), pp. 16–22. (In Russ.)
2. Leshkevich N.V., *Zashchita i karantin rasteniy*, 2023, No. 8, pp. 9–11. (In Russ.)
3. Agafonov O.M., Revenko V.Yu., Rakhuba I.A., *Vestnik agrarnoy nauki*, 2020, No. 3 (84), pp. 3–9. (In Russ.)
4. Bochkarev N.I., Bochkareva E.B., Bushnev A.S. and others, *Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva ozimogo rapsa i surepitsy* (Promising resource-saving technology for the production of winter rapeseed and surepitsa), Moscow, 2010, 46 p.
5. Bedlovskaya I.V., Gorlo V.E., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 79, pp. 75–79. (In Russ.)
6. Serdyuk O.A., Gorlova L.A., *Innovatsionnye issledovaniya i razrabotki dlya nauchnogo obespecheniya proizvodstva i khraneniya ekologicheski bezopasnoy sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii* (Innovative research and development for scientific support of production and storage of environmentally safe agricultural and food products), Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference, 2019, pp. 468–473. (In Russ.)
7. Byk, E.S., Shashko M.N., Pilyuk Ya.E., *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*, 2022, No. 58, pp. 152–159, EDN ZHHCSX. (In Russ.)
8. Devyatkina T.F., Chigorin S.S., Silaev A.I. and others, *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2024, No. 5, pp. 19–27, DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp19–27, EDN NAJYRQ. (In Russ.)

9. Zaprudsky A.A., *Zemledelie i zashchita rasteniy*, No. 2, 2020, p. 23. (In Russ.)
10. Kostoeva L.Yu., *Tekhnologiya vozdeystviya razlichnykh sortov ozimogo rapsa v usloviyakh predgornoy zony Respubliki Ingushetii* (Technology of cultivation of various varieties of winter rapeseed in the conditions of the foothill zone of the Republic of Ingushetia), Ingush Scientific Research Institute of Agriculture, Nazran: KEP LLC, 2021, 184 p., EDN YVODDU.
11. Taranenko V.V., Dmitrieva I.G., Muravyev V.S., *Agrokhiimiya*, 2023, No. 11, pp. 47–52. (In Russ.)
12. Taranenko V.V., Dmitrieva I.G., Muravyev V.S., *Agrokhiimiya*, 2022, No. 8, pp. 28–32. (In Russ.)
13. Bochkareva E.B., Gorlova L.A., Strelnikov E.A., Serdyuk V.V., *Maslichnye kul'tury*, 2021, No. 4 (188), pp. 87–95. (In Russ.)
14. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alliance, 2011, 352 p.
15. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve* (Methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture), Sankt-Petersburg, 2009. 378 p.

Информация об авторах:

Г.В. Волкова, доктор биологических наук, член-корр. РАН, главный научный сотрудник Федерального научного центра биологической защиты растений (лаборатория иммунитета растений к болезням).

А.Д. Кустадинчев, младший научный сотрудник Федерального научного центра биологической защиты растений (лаборатория иммунитета растений к болезням), аспирант

В.В. Тараненко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального научного центра биологической защиты растений (лаборатория иммунитета растений к болезням)

Contribution of the authors:

G.V. Volkova, Doctor of Biology, Corr. Member of the RAS, chief researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP)

A.D. Kustadinchev, junior researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP), postgraduate student

V.V. Taranenko, PhD in Agriculture, senior researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Plant Protection» (FSBSI FRCBPP)

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

.

ОСОБЕННОСТИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ МИРОВОГО ГЕНОФОНДА В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

¹Р.Р. Галеев, ¹П.Н. Потапов, ²А.И. Мурзин, ³Н.А. Потапов, ¹С.С. Потапова

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²ЗАО СхП «Мичуринец», Новосибирский район НСО, Россия

³ООО АТФ «Агрос», г. Новосибирск, Россия

E-mail: rastniev@mail.ru

Для цитирования: Особенности сравнительной оценки сортов картофеля мирового генофонда в лесостепи Новосибирского Приобья / Р.Р. Галеев, П.Н. Потапов, А.И. Мурзин, Н.А. Потапов, С.С. Потапова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 21–29. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-21-29.

Ключевые слова: картофель, сорт, рост и развитие, урожайность, качество клубней.

Реферат. Представлены результаты комплексной оценки сортов картофеля разной группы спелости в условиях серой лесной среднесуглинистой почвы лесостепи Новосибирского Приобья. Изучено шесть ранних, одиннадцать среднеранних и одиннадцать среднеспелых сортов картофеля. В основном все сорта представляли последние достижения отечественной селекции, в том числе и лучшие образцы сибирских ученых-селекционеров. В качестве стандарта в основном подбирались зарубежные сорта, наиболее востребованные в хозяйствах России: Розара (ранний) и Гала (среднеранний). По среднеспелым сортам стандартом являлся сибирский сорт картофеля – Тулеевский. Цель исследований состояла в комплексной оценке сортов разной группы спелости мирового генофонда применительно к условиям лесостепи Новосибирского Приобья. Исследования осуществлялись в 2023–2024 гг. в условиях почвенно-климатической зоны дренированной лесостепи. С целью решения поставленных задач опыта изучались особенности роста и развития разных сортов картофеля, динамика клубнеобразования, дегустационная оценка и товарность клубней. Закладка опыта проводилась в севообороте: пар чистый – картофель – капуста – морковь. Место проведения исследований – опытные участки ЗАО СхП «Мичуринец» Новосибирского района Новосибирской области. Опыт проводили в соответствии с методическими рекомендациями ВНИИ картофельного хозяйства. Почва опытных участков серая лесная, содержала 3,7 % гумуса, характеризовалась слабокислой реакцией при pH 6,2. Концентрация нитратного азота равна 12 мг/кг, подвижного фосфора – 14,3 мг/100 г и обменного калия – 10,6 мг/100 г почвы. Погодные условия значительно отличались друг от друга как по температурному режиму, так и по сумме осадков. В 2023 г. сумма осадков за период вегетации составила 273 мм и в 2024 г. достигла 309 мм. Установлено, что по урожайности ранних сортов при уборке в конце августа выделялся сорт Гулливер – 25,8 т/га, что на 18 % выше сорта-стандарта Розара, и сорт Терра – 23,6 т/га. При уборке в конце сентября максимальная прибавка к стандарту была у сорта Терра – 19 % при урожайности стандарта 24,3 т/га. По товарности клубней выделялись сорта Юна – 87 % и Терра – 84 % при 70 % у стандарта (Розара). По среднеранним сортам при учете в конце августа у стандарта Гала урожайность равна 24,6 т/га и у сортов Садон – 25,0 т/га, Вояж – 26,9 т/га и Самба 26,8 т/га.

SPECIAL ASPECTS OF COMPARATIVE ASSESMENT OF POTATO VARIETIES OF GLOBAL GENE POOL IN FOREST STEPPE OF NOVOSIBIRSK PRIOBYE

¹R.R. Galeev, ¹P.N. Potapov, ²A.I. Murzin, ³N.A. Potapov, ¹S.S. Potapova

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²CJSC Agricultural Enterprise “Michurinets”, Izdrevaya Village, Novosibirsk Region, Russia

³LLC Agrotechnology Firm “Agros,” Novosibirsk, Russia

E-mail: rastniev@mail.ru

Keywords: potato, variety, growth and development, yield, tuber quality.

Abstract. We present results of the comprehensive assessment of potato varieties of different ripeness groups in conditions of grey forest semi-loamy soils in forest steppe of Novosibirsk Priobye. We researched six early, eleven medium-early and eleven medium maturing potato varieties. In general, all the varieties represented the

latest domestic breeding achievements, as well as the best examples of Siberian breeding scientists. We mainly picked foreign varieties as standards, which are in high demand in Russian farm units: Rosara (early) and Gala (medium-early). For medium maturity varieties – Siberian variety Tuleevskii was chosen as the standard. The aim of our research was to perform a comprehensive assessment of different maturity varieties of global gene pool in the conditions of the forest steppe of Novosibirsk Priobye. The research was held in 2023–2024 in conditions of drained forest steppe soil and climate area. In order to fulfill the research objectives, we explored special aspects of growth and development of different potato varieties, dynamics of tuber forming and taste test and marketability assessment of tuber qualities. The trials were established in crop rotation – one-year fallow – potato – cabbage – carrot. Research was held on the trial fields in CJSC Agricultural Enterprise “Michurinets” in Novosibirsk region of Novosibirsk district. Research was held in accordance with VNII of potato farming. The trial fields soil is grey forest with the organic matter content – 3.7 %, and slightly acidic reaction with pH – 6.2. Nitrate nitrogen concentration – 12 mg/kg, labile phosphorus – 14.3 mg/100 g and exchangeable potassium – 10.6 mg/100 g of soil. Weather conditions in the years when the trials were held were markedly different in temperature and sum of precipitation. In 2023 the sum of precipitation during vegetation period equaled to 273 mm and in 2024 it reached 309 mm. It was established that according to the yield of early varieties during lifting at the end of August, variety Gulliver stood out with 25.8 t/ha, which is 18 % higher than the standard variety Rosara and variety Terra – 23.6 t/ha. During lifting at the end of September maximum addition to the standard was 19 % for variety Terra with the yield of the standard – 24.3 t/ha. In terms of marketability of tubers, the most distinguished varieties were the variety Una – 87 % and Terra – 84 %, standard (Rosara) showed 70 %. Medium maturing varieties were accounted at the end of August, the standard Gala yield equals to 24.6 t/ha and varieties Sadon – 25.0 t/ha, Variag – 26.9 and Samba 26.8 t/ha.

Картофель является важной продовольственной, технической и кормовой культурой [1, 2]. В настоящее время применяемые инновационные технологии нацелены на расширение ассортимента продукции из клубней картофеля, в том числе и продукты переработки, чипсы, сухое картофельное пюре и замороженный картофель [3–5]. Существующие инновационные технологии переработки картофельного крахмала значительно расширяют возможности его использования в целях получения высококачественной продукции медицинской и фармацевтической промышленности, а также при изготовлении упаковочных материалов, быстрорастворимой тары, контейнеров, одноразовой посуды для быстрой их утилизации, что важно в экологическом аспекте [6–9]. Для перспективного увеличения урожайности картофеля необходимо в условиях Западной Сибири изыскание перспективных сортов картофеля [10, 11]. Сорта картофеля существенно различаются по срокам созревания, по устойчивости к фитопатогенам и вредителям, требованиям к условиям внешней среды и элементам агротехники [12–15]. В этой связи особо важно разработать комплексную адаптивную энергоресурсосберегающую экологически безопасную технологию возделывания картофеля в аспекте повышения его урожайности, хорошего качества и высокой сохранности продукции [16–18]. При этом сортоизучение имеет особую роль в подборе сортов картофеля для создания конвейера поступления продукции данной культуры.

Цель исследования заключается в комплексной оценке сортов картофеля разных групп спелости мирового генофонда применительно к условиям лесостепи Новосибирского Приобья.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи: изучить особенности роста и развития разных сортов картофеля, изучить динамику клубнеобразования, выполнить дегустационную оценку качества клубней.

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в условиях почвенно-климатической зоны дренированной лесостепи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись сорта картофеля трех групп спелости: ранние, среднеранние и среднеспелые. В качестве стандарта по каждой группе спелости выбраны сорта, имеющие наибольшее распространение в хозяйствах региона: Розара (ранний), Гала (среднеранний) и Тулеевский (среднеспелый). Закладка опыта была осуществлена в севообороте: пар чистый – картофель – капуста – морковь на серой лесной почве. Место проведения исследований – опытные поля ЗАО СхП «Мичуринец» Новосибирского района Новосибирской области.

Опыт выполняли в полном соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов с культурой картофеля (ВНИИ картофельного хозяйства).

Почва опытных участков серая лесная на бескарбонатном суглинке при содержании гумуса 3,7%, характеризовалась слабокислой реакцией при pH 6,2. Концентрация нитратного азота составляла 12 мг/кг, подвижного фосфора – 14,3 мг/100 г и обменного калия 10,6 мг/100 г почвы.

В 2023 г. в условиях экстремально засушливого климата во время длительного периода: май, июнь и первая половина июля, с температурой в мае и июне в отдельные дни в дневное время выше 30 °С и повышенными температурами июля и августа. Сумма осадков за период вегетации была ниже нормы на 24 % и составила 273 мм.

Вегетационный период 2024 г. отличался повышенной температурой в июне и июле и колебаниями температур в августе и сентябре. Превышение суммы активных температур равно 194 °С. Сумма осадков за период вегетации составила 309 мм.

В опытах выполняли биометрические учеты по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [19]. Статистическая обработка экспериментального материала выполнялась по Б.А. Доспехову с привлечением прикладных программ SNEDECOR [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опытах 2023–2024 гг. в условиях почвенно-климатической зоны дренированной северной лесостепи предгорий Новосибирского Приобья проводилось изучение особенностей роста и развития сортов картофеля разной группы спелости мирового генофонда. На серой лесной среднесуглинистой почве опытных участков ЗАО СхП «Мичуринец» Новосибирского района Новосибирской области оценивали особенности роста и развития ранних, среднеранних и среднеспелых сортов картофеля с использованием современной коллекции отечественной селекции и лучших стандартов мирового генофонда.

Показано, что в условиях серой лесной среднесуглинистой почвы опытных участков ЗАО СхП «Мичуринец» Новосибирского района по ранним сортам картофеля выявились существенные различия в темпах клубнеобразования. По высоте растений не было равных сорту Мишка – 71,2 см при 67,5 см у стандарта сорт Розара. Сорта Легенда, Терра и Гулливер значительно уступали по параметрам высоты стандарту, сорта Юна и Легенда имели показатели на уровне стандарта.

У всех изученных ранних сортов к третьей декаде сентября наблюдалось естественное отмирание ботвы. В конце августа максимальная масса одного клубня была наибольшей у сорта Гулливер и Юна – по 86 г, что на 72 % выше стандарта. Сорт Легенда по массе одного клубня существенно уступал стандарту. При учете урожая в конце сентября (25.09) по массе одного клубня выделялись сорта Гулливер и Терра соответственно по 110 и 108 г против 62 г у сорта-стандарта. Сорт Легенда имел клубень меньше стандарта в 1,2 раза. По массе товарного клубня следует выделить сорта Гулливер – 176 г, Терра – 156 г, Мишка – 139 г при 96 г у стандарта (Розара). По урожайности в конце августа следует отметить сорт Гулливер 25,8 т/га, что на 18 % выше стандарта, а также сорта Терра – 23,6 т/га при 22,6 т/га у стандарта. На уровне стандарта урожайность была у сортов Юна и Терра. Сорта Легенда и Мишка существенно уступали стандарту по выходу ранней продукции. При окончательном учете урожайности 25 сентября выделялись сорта Терра (прибавка к стандарту 19 %) и Юна – 12 % при 24,3 т/га у стандарта. По товарности клубней в конце сентября не было равных сорту Юна – 87 % и Терра – 84 % при 70 % у стандарта – сорт Розара. У сорта Гулливер товарность была на уровне стандарта.

По среднеранним сортам максимальной высотой отличались сорта Варяг и Ариэль по 72,4 см при 62,7 см у стандарта сорт Гала. Сорта Садон, Сюрприз, Зумба, Варяг, Ариэль, Самба имели высоту ниже стандарта. В период окончательного учета урожая 25 сентября надземная масса отсутствовала в связи с отмиранием у сортов Сальса и Маяк. По средней массе одного клубня в конце августа максимальная масса наблюдалась у сорта Зумба 125 г и Садон 120 г при 56 г у сорта Гала (стандарт). Сорта Армада и Осетинский имели массу клубня значительно ниже стандарта в 1,7 и 2,0 раза соответственно. При уборке в конце сентября максимальная масса одного клубня были у стандартов Сальса – 110 г и Варяг – 130 г при 67 г у стандарта Гала.

Сорт Осетинский имел массу клубня ниже стандарта. По средней массе товарного клубня в конце сентября показатели стандарта превосходили сорта Самба в 1,5 раза, Зумба – 1,4, Садон – 1,3 раза. Сорта Армада и особенно Осетинский имели массу клубней значительно ниже стандарта.

В конце августа у стандарта Гала урожайность составила 24,6 т/га и у сортов Садон – 25,0 т/га, Варяг – 26,9, Самба – 26,8 т/га. Ниже

стандарта урожайность наблюдалась у сортов Армада и Осетинский на 23 и 29 %. По товарности клубней среднеранних сортов выделялись в конце августа Садон – 58 и Варяг – 50 % при 45 % у стандарта Гала. В конце сентября максимальной товарностью обладали клубни сортов Гала (стандарт) – 92 %, Самба – 84 % и Зумба – 86 % при минимальных значениях у сорта Осетинский – 57 %.

При изучении среднеспелых сортов стандартом являлся сорт Тулеевский и с ним сравнивались 10 сортов отечественной селекции. По высоте растений выделялись сорта Северное сияние – 78,5 см, Салют – 73,0 при 72,8 см у сорта Тулеевский. В конце сентября масса одного клубня была выше у сорта Краса Мещеры – 158 г, Северное сияние – 132 г, Евпатий – 138 г при 112 г у стандарта. Масса товарных клубней была выше у сорта Краса Мещеры – 160 г и 156 г у

сорта Евпатий против 121 г у стандарта Тулеевский. Ниже стандарта масса товарного клубня в среднем была у сорта Синеглазка 2016. По урожайности среднеспелых сортов в конце августа следует выделить сорта Пламя и Сокур по 26,7 т/га при 22,8 т/га у стандарта – сорт Тулеевский. Ниже стандарта отмечена урожайность у следующих сортов: Гранд на 26 %, Синеглазка 2016 – 39 % и Салют на 86 %. При итоговой уборке не было равных сортам Златка – 31,9 т/га, Гранд – 31,4 т/га, Пламя – 30,9 т/га при 30,6 т/га у стандарта – Тулеевский. По товарности клубней в конце сентября максимальные значения были у сортов Северное сияние – 89 %, Краса Мещеры – 87 % и Евпатий – 84 % против 79 % у стандарта – Тулеевский. Меньше стандарта товарность отмечена у сортов Синеглазка 2016 – 69 % (табл. 1).

Таблица 1

Формирование урожая сортов картофеля разных групп спелости. Среднее за 2023–2024 гг.

Yield development of potato varieties of different maturity groups. 2023–2024 average

Сорт	Дата	Высота, см	Средняя масса одного клубня, г	Средняя масса товарного клубня, г	Урожайность, т/га	Товарность, %
1	2	3	4	5	6	7
<i>Ранние</i>						
Розара (стандарт)	29.08	67,5	50	85	22,6	30
	25.09	–	62	96	24,3	70
Гулливёр	29.08	60,8	86	132	25,8	53
	23.09	–	110	176	26,2	72
Легенда	29.08	67,8	36	108	19,6	42
	25.09	–	51	130	24,6	79
Терра	29.08	62,7	76	125	23,6	78
	25.09	–	108	156	27,2	84
Мишка	29.08	71,2	68	108	17,6	47
	25.09	–	107	139	26,2	78
Юна	29.08	67,2	86	115	23,2	72
	25.09	–	102	138	26,5	87
<i>Среднеранние</i>						
Гала (стандарт)	29.08	40,6	56	98	24,6	45
	25.09	62,7	67	109	25,9	92
Садон	29.08	46,5	70	120	25,0	58
	25.09	58,4	98	138	27,8	76
Сюрприз	29.08	53,8	70	102	12,9	48
	25.09	60,3	85	128	20,5	82
Зумба	29.08	61,8	102	125	22,0	83,5
	25.09	56,2	105	143	24,0	86
Варяг	29.08	72,4	68	126	26,9	52
	25.09	62,4	130	138	30,9	79

1	2	3	4	5	6	7
Сальса	29.08	69,2	72	120	20,3	79
	25.09	–	110	123	24,0	67
Ариэль	29.08	72,4	62	136	22,4	49
	25.09	42,3	69	123	24,2	72
Самба	29.08	56,4	80	138	26,8	49
	25.09	39,6	92	145	28,1	84
Маяк	29.08	63,2	76	116	21,3	42
	25.09	–	96	132	23,9	69
Армада	29.08	66,2	49	96	20,3	47
	25.09	62,4	81	105	24,0	70
Осетинский	29.08	49,2	28	63	17,2	38
	25.09	58,6	52	89	20,3	57
<i>Среднеспелые</i>						
Тулесовский (стандарт)	29.08	72,8	69	106	22,8	41
	25.09	42,6	112	121	30,6	79
Евпатий	29.08	62,4	96	116	20,3	56
	25.09	38,6	138	156	28,7	84
Пламя	29.08	59,6	76	135	26,7	39
	25.09	42,4	135	140	30,9	80
Краса Мещеры	29.08	67,8	98	158	23,7	57
	25.09	56,2	158	160	28,1	87
Северное сияние	29.08	78,5	67	124	14,6	62
	25.09	60,1	132	145	26,2	89
Сокур	29.08	70,1	68	121	26,7	49
	25.09	48,5	102	136	28,7	86
Златка	29.08	67,8	62	105	25,6	44
	25.09	56,2	109	130	31,9	85
Синеглазка 2016	29.08	62,7	56	76	19,6	36
	25.09	49,2	101	98	24,7	69
Гранд	29.08	68,4	70	98	24,5	48
	25.09	52,1	96	130	31,4	82
Флагман	29.08	72,3	80	129	22,8	50
	25.09	60,1	120	137	28,9	76
Салют	29.08	73,0	58	58	19,5	47
	25.09	61,2	92	132	20,9	75
НСР ₀₅	29.08	1,76	5,91	7,23	0,89	3,12
	25.09	2,38	4,23	5,68	1,16	2,25

Важным показателем качества сортов картофеля является дегустационная оценка клубней. Нами показано, среди ранних сортов по вкусу отварных клубней высокие баллы имели сорта Розара (стандарт) и Юна – по 7 при 5 баллах у сорта Мишка. По вкусу жареных клубней не было равных сорту Розара – 7 баллов. Наряду с этим оценивалось качество вареного картофеля по параметрам консистенции, мучнистости, водя-

нистости и развариваемости, а также потемнение мякоти сырых и вареных клубней через 1 ч и через 24 ч. По суммарной оценке наибольшее количество баллов среди ранних сортов было у сортов Легенда – 63, Мишка – 57 при 55 баллах у сорта-стандарта Розара. По среднеранним сортам следует выделить по вкусу отварных клубней сорт-стандарт Гала – 6 баллов и 5 баллов у сорта Зумба. По вкусу жареных клубней также

максимальный показатель был у сорта Гала – 7 баллов. По 5 баллов у сортов Варяг и Армада. Максимальный балл суммарной оценки среднеранних сортов отмечен у сорта-стандарта Гала

– 61 и сорта Зумба – 57. У среднеспелых сортов наибольший балл по вкусу отварных клубней у сорта Златка – 8 и Синеглазка 2016, Евпатий и Грант по 6 баллов (табл. 2).

Таблица 2

Дегустационная оценка клубней разных сортов картофеля. Среднее за 2023–2024 гг.
Taste test assessment of different potato varieties. 2023–2024 average

Сорт	Качество вареного картофеля, балл				Потемнение мякоти, балл				Вкус отварных клубней, балл	Вкус жареных клубней, балл	Всего баллов
	Консистенция	Мучнистость	Водянистость	Развариваемость	Сырых клубней		Вареных клубней				
					Через 1 ч	Через 24 ч	Через 1 ч	Через 24 ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ранние											
Розара (стандарт)	4	2	6	2	9	6	6	6	7	7	55
Гулливер	4	3	8	3	8	3	7	8	4	6	54
Легенда	7	6	8	5	9	6	6	7	4	6	63
Терра	4	6	9	3	6	6	5	4	4	5	52
Мишка	3	4	9	2	9	6	6	7	5	6	57
Юна	5	4	6	2	9	7	6	7	7	6	53
Среднеранние											
Гала (стандарт)	6	4	9	3	9	4	9	4	6	7	61
Садон	4	3	9	9	9	4	8	3	4	6	55
Сюрприз	4	2	8	6	9	6	9	5	4	3	56
Зумба	3	4	6	3	9	9	8	7	5	3	57
Варяг	3	3	8	3	9	4	9	3	4	5	51
Сальса	5	4	9	8	8	3	9	4	2	1	53
Ариэль	3	3	9	9	7	3	2	7	2	3	51
Самба	3	3	9	6	9	2	9	3	3	2	49
Маяк	3	3	8	6	9	2	8	3	3	3	48
Армада	5	6	4	8	4	9	5	5	4	5	55
Осетинский	3	3	7	1	8	1	6	7	3	2	41
Среднеспелые											
Тулесовский (стандарт)	3	4	6	2	6	2	7	8	3	3	44
Евпатий	3	3	8	2	8	6	7	7	6	7	55
Пламя	3	2	8	2	9	3	8	7	5	3	50
Краса Мещеры	4	3	8	5	9	4	3	4	1	3	44
Северное сияние	3	3	5	1	9	4	8	7	3	3	46
Сокур	5	4	9	4	9	6	5	6	5	5	58
Златка	6	4	8	4	8	6	5	5	8	6	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Синеглазка 2016	5	4	9	4	8	4	9	8	6	6	63
Гранд	4	4	9	4	8	2	8	5	6	6	56
Флагман	4	2	7	3	9	5	8	6	2	6	52
Салют	5	4	9	5	8	4	7	9	4	6	61
НСР ₀₅											2,26

Примечание. 1. Баллы представлены согласно Методическим указаниям по технологии селекционного процесса картофеля / Российская академия сельскохозяйственных наук; Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха. – М.; Колос, 2006. – 42 с. 2. Учет урожая – 25.09.2024.

По вкусу жареных клубней лидировал сорт Евпатий – 7 баллов, сорт Златка – 5, Синеглазка 2016, Гранд, Флагман и Салют имели по 6 баллов при трёх баллах у стандарта Тулеевский. По суммарной оценке дегустации, больше всего баллов у сорта Синеглазка 2016 – 63, 61 балл у сорта Салют и 60 у сорта сибирской селекции Златка против 44 баллов у стандарта Тулеевский.

Следует отметить, что в экологическом испытании сортов 85 % были отечественной селекции, в том числе сибирских селекционеров.

ВЫВОДЫ

1. В условиях серой лесной среднесуглинистой почвы лесостепи Новосибирского Приобья при остром дефиците атмосферной и почвенной влаги в течение мая, июня и первой декады июля 2023 и 2024 гг. выявлена эффективность выращивания сортов картофеля трех групп спелости (ранние, среднеранние и среднеспелые) отечественной селекции: 28 сортов, в том числе 6 ранних, по 11 среднеранних и среднеспелых.

2. Отечественные сорта Терра, Юна и Гулливер отличались высокими темпами роста и развития, формировали развитую листовую поверхность, что способствовало интенсивному клубнеобразованию и формированию раннего урожая высококачественной продукции картофеля на уровне 21–27 т/га.

3. Установлено, что при уборке в конце августа максимальная урожайность среди ранних сортов выявлена у сорта Гулливер – урожайность составила 25,8 т/га (на 18 % выше стандарта Ро-

зара) и сорта Терра – 23,6 т/га. При проведении уборки в конце сентября наибольшая прибавка к стандарту определена у сорта Терра – на 19 % при урожайности стандарта 24,3 т/га. По товарности клубней выделялись сорта Юна – 87 % и Терра – 84 % при 70 % у сорта-стандарта Розара.

4. У среднеранних сортов при уборке в конце августа у стандарта – Гала урожайность равна 24,6 т/га, у сортов Садон – 25,0 т/га, Варяг – 26,9 и Самба – 26,8 т/га. Максимальную товарность имели клубни сортов Гала – 92 % (стандарт), Зумба – 86 % и Самба – 84 %.

5. Максимальная урожайность среднеспелых сортов отмечена у сорта сибирской селекции Златка – 31,9 т/га, Гранд – 31,4 т/га и Пламя – 30,9 т/га против 30,6 т/га у стандарта – Тулеевский. По товарности клубней в период уборки урожая максимальные показатели были у сортов Северное сияние – 89 %, Краса Мещеры – 87 % и Евпатий – 84 % при 74 % у стандарта сорта Тулеевский.

6. Оценка дегустационных качеств ранних сортов картофеля позволила выявить, что по вкусу отварных клубней выше показатели у сортов Розара (стандарт) и Юна, по вкусу жареных клубней – сорт Розара. По среднеранним сортам доминировали сорта Гала и Зумба, а также жареных клубней – сорт Гала. У среднеспелых сортов максимальный балл по вкусу отварных клубней был у сортов Златка и Синеглазка 2016, жареных – Евпатий, Златка и Синеглазка 2016.

Работа выполнена в рамках научно-технологической проблемы ФНТП «Селекция и семеноводство картофеля».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эффективность применения препарата Тропиканка на картофеле в лесостепи Приобья / Р.Р. Галеев, К.В. Жучаев, О.Н. Сороколетов [и др.] // Вестник НГАУ. – 2023. – № 4 (69). – С. 14–19. – DOI: 10.31.477/2072-6724-2023-69-4-14-23.

2. Особенности использования инновационных регуляторов роста при возделывании картофеля и сои в лесостепи Приобья / М.А. Альберт, Р.Р. Галеев, А.Ф. Петров [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность – 2022. – № 2 (36). – С. 45–51. – DOI: 10.31.677/2311-0651-2022-36-2-45-51. – EDN PMMJNC.
3. Галеев Р.Р. Особенности производства картофеля в системе экологического земледелия. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2017 – 126 с.
4. Михайлов П.М., Галеев Р.Р. Удобрение картофеля при интенсификации земледелия Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2014. – 106 с.
5. Кондратов А.Ф., Галеев Р.Р. Урожайный картофель. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2012. – 72 с.
6. Галеев Р.Р. Клубнекорнеплоды в Западной Сибири. – Новосибирск: Ритм, 2011. – 92 с.
7. Yield and quality characteristics of popular processing potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in two contrasting soil types under grower management in Hokkaido Japan / R.L. Gondwe, R. Kinoshita, T. Suminoe [et al.] // Potato Res. – 2020. – № 63(3), P. 385–402. – DOI: 10.1007/s11540-019-09446-9.
8. Evaluation of quality parameters of seven processing type potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in the eastern sub-himalayan plains / S. Das [et al.] // Foods. – 2021. – № 10(5). – P. 1138. – DOI: 10.3390/foods10051138.
9. Study on morphological, physiological characteristics and yields of twenty-one potato cultivars grown in eastern sub-Himalayan plains of India / S. Das, B. Mitra, S.K. Luthra [et al.] // Agron. – 2021. – № 11. – P. 335. – DOI: 10.3390/agronomy11020335.
10. Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios / A. Ávila-Valdés [et al.] // Field Crops Research. – 2020. – Т. 251. – P. 107786. – DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107786.
11. Formation of yield and commodity qualities of potatoes, depending on the varietal characteristics / E.V. Voronov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Vol. 346. – № 1. – P. 012028. – DOI: 10.1088/1755-1315/346/1/012028
12. Comparative Evaluation of Different Potato Varieties for Their Suitability for Starch Processing / D. Volkov, I. Kim, A. Klykov, N. Matsishina // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE–2021). Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 353. – Springer Nature Switzerland. – DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_50.
13. Альберт М.С., Галеев Р.Р., Ковалев Е.А. Совершенствование технологии дифференцированного внесения удобрений в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 4–10. – DOI: 10.31.677/2072-6724-2022-63-2-4-10-DN.11 CFYU.
14. Сравнительная оценка ранних сортов картофеля и среднеспелого сорта Златка и пути повышения их семеноводства в лесостепи Приобья / А.И. Мурзин, П.Н. Потапов, Р.Р. Галеев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет) – 2023. – № 3 (68). – С. 74–81. – DOI: 10.31.677/2072-6724-2023-68-3-74-8.
15. Батов А.С., Гуреева Ю.А. Сравнительное изучение отечественных среднеранних сортов картофеля в условиях лесостепи Новосибирского Приобья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (99). – С. 34–39. – DOI: 10.37.670 / 2073-0853-2023-99-1-34-34. – EDN OCBWLH.
16. Гуреева Ю.А., Батов А.С. Изучение среднеспелых сортов картофеля для переработки на хрустящий картофель и фри // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (229). – С. 55–61. – DOI: 10.53.083 / 1996-42-77-2023-229-11-55-61.
17. Генотипирование образцов картофеля коллекции «ГенАгро» ИЦИГ СО РАН с применением ДНК-маркеров / И.В. Тоцкий, И.В. Розанова, А.Д. Сафонова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. – № 1 (39). – С. 10–17. – DOI: 10.1.8699 / V.121.O.
18. Сравнительное изучение отечественных раннеспелых сортов картофеля в условиях лесостепи Новосибирского Приобья / Ю.А. Гуреева, А.С. Батов, А.Д. Сафонова [и др.] // Картофель и овощи. – 2022. – № 8. – С. 25–28. – DOI: 10.25.630 / PAV.2022.46.93.004.
19. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгид, 2003. – 386 с.
20. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: Изд-во СО РАСХН, 2009. – 157 с.

REFERENCES

1. Galeev R.R., Zhuchaev K.V., Sorokoletov O.N. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2023, No. 4 (69), pp. 14–19, DOI: 10.31.477/2072-6724-2023-69-4-14-23. (In Russ.)
2. Al'bert M.A., Galeev R.R., Petrov A.F. [i dr.], *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2022, No. 2 (36), pp. 45–51, DOI: 10.31.677/2311-0651-2022-36-2-45-51, EDN PMMJNC. (In Russ.)
3. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v sisteme ekologicheskogo zemledeliya* (Features of potato production in the system of ecological farming), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2017, 126 p.

4. Mihajlov P.M., Galeev R.R., *Udobrenie kartofelya pri intensifikacii zemledeliya Sibiri* (Fertilizing Potatoes During Intensification of Agriculture in Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2014, 106 p.
5. Kondratov A.F., Galeev R.R., *Urozhajnyj kartofel'* (Harvest potatoes), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2012, 72 p.
6. Galeev R.R., *Klubnekorneplody v Zapadnoj Sibiri* (Root crops in Western Siberia), Novosibirsk: Ritm, 2011, 92 p.
7. Gondwe R.L., Kinoshita R., Suminoe T. [et al.], Yield and quality characteristics of popular processing potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in two contrasting soil types under grower management in Hokkaido, Japan, *Potato Res.*, 2020, No. 63(3), pp. 385–402, DOI: 10.1007/s11540-019-09446-9.
8. Das S. [et al.], Evaluation of quality parameters of seven processing type potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in the eastern sub-himalayan plains, *Foods* 2021, No. 10(5), pp. 1138, DOI: 10.3390/foods10051138.
9. Das S., Mitra B., Luthra S.K. [et al.], Study on morphological, physiological characteristics and yields of twenty-one potato cultivars grown in eastern sub-Himalayan plains of India, *Agron*, 2021, No. 11, pp. 335, DOI: 10.3390/agronomy11020335.
10. Ávila-Valdés A. [et al.], Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios, *Field Crops Research*, 2020, Vol. 251, pp. 107786, DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107786.
11. Voronov E.V. [et al.], Formation of yield and commodity qualities of potatoes, depending on the varietal characteristics, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2019, Vol. 346, No. 1, pp. 012028, DOI: 10.1088/1755-1315/346/1/012028.
12. Volkov D., Kim I., Klykov A., Matsishina N., Comparative Evaluation of Different Potato Varieties for Their Suitability for Starch Processing, *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, Vol 353, Springer Nature Switzerland, DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_50.
13. Al'bert M.S., Galeev R.R., Kovalev E.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 2 (63), pp. 4–10, DOI: 10.31.677/2072-6724-2022-63-2-4-10-DN.11 CFYU. (In Russ.)
14. Murzin A.I., Potapov P.N., Galeev R.R. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023 - №3 (68). – S. 74–81 – DOI: 10.31.677/2072-6724-2023-68-3-74-8. (In Russ.)
15. Batov A.S., Gureeva Yu.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 1 (99), pp. 34–39, DOI: 10.37.670 / 2073-0853-2023-99-1-34-34, EDN OCBWLH. (In Russ.)
16. Gureeva Yu.A., Batov A.S., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 1 (229), pp. 55–61, DOI: 10.53.083 / 1996-42-77-2023-229-11-55-61. (In Russ.)
17. Tockij I.V., Rozanova I.V., Safonova A.D. [i dr.], *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2021, No. 1 (39), pp. 10–17, DOI: 10.1.8699 / V.121.O. (In Russ.)
18. Gureeva Yu.A., Batov A.S., Safonova A.D. [i dr.], *Kartofel' i ovoshchi*, 2022, No. 8, pp. 25–28, DOI: 10.25.630 / PAV.2022.46.93.004. (In Russ.)
19. *Metodika gosudarstvennogo ispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur* (Methodology of state testing of agricultural crops), Moscow: Sel'hozgid, 2003, 386 p.
20. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Novosibirsk: Izd-vo SO RASHN, 2009, 157 p.

Информация об авторах:

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

П.Н. Потапов, аспирант

А.И. Мурзин, агроном ЗАО СхП «Мичуринец», Новосибирского района

Н.А. Потапов, кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор ООО АТФ «Агрос», г. Новосибирск

С.С. Потапова, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

R.R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

P.N. Potapov, PhD student

A.I. Murzin, Agronomist CJSC Agricultural Enterprise “Michurinets”, Izdrevaya Village, Novosibirsk Region, Russia

N.A. Potapov, PhD in Agricultural Sciences LLC Agrotechnology Firm “Agros,” Novosibirsk, Russia

S.S. Potapova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГИБРИДНЫХ ФОРМ ВИШНИ ВОЙЛОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Гуляева, Т.Н. Берлова, А.А. Галькова, И.Н. Ефремов

ФГБНУ Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, Орёл, Россия

E-mail: gulyaeva@orel.vniispk.ru

Для цитирования: Хозяйственно-биологическая оценка гибридных форм вишни войлочной в условиях Орловской области / А.А. Гуляева, Т.Н. Берлова, А.А. Галькова, И.Н. Ефремов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 30–39. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-30-39.

Ключевые слова: вишня войлочная, гибрид, урожайность, цветение, плодоношение, коккомикоз, монилиоз, общее состояние.

Реферат. Задачи исследований, представленных в данной работе, дать комплексную оценку хозяйственно-биологическим показателям гибридов вишни войлочной в условиях Орловской области. Данная культура представляет большой теоретический и практический интерес в регионе. В связи с этим имеется необходимость хозяйственно-биологической оценки гибридных форм, которая позволит в полной мере реализовать адаптивность войлочной вишни в Орловской области. Место проведения исследования – Всероссийский НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК), расположенный в Орловском муниципальном округе Орловской области. Оценивались показатели продуктивности (урожайность и степени цветения и плодоношения), устойчивость к грибным болезням (коккомикоз и монилиоз), а также общее состояние растений. Представленные исследования проводились на базе лаборатории селекции, сортоизучения и сортовой агротехники косточковых культур данного института в период с 2019 по 2024 гг. Объектами исследования являлись семь гибридов вишни войлочной, полученных путем свободного опыления с формами вишни войлочной из генетической коллекции лаборатории. По урожайности лучшие результаты были получены у гибридных форм 88601 и 88599, у которых урожайность составила 6,9 кг/дер. и 8,1 кг/дер. соответственно. По комплексу же изучаемых хозяйственно-биологических показателей среди изучаемых гибридов вишни войлочной наилучшим образом проявили себя гибриды 88599, 88596 и 88600. Также был выполнен корреляционный анализ хозяйственно-биологических показателей гибридных форм вишни войлочной и различных погодно-климатических показателей рассматриваемого периода. Было установлено, что наиболее сильно на хозяйственно-биологические показатели войлочной вишни повлияли такие показатели, как средняя температура февраля, марта, апреля, а также средняя температура апреля – июля.

ECONOMIC AND BIOLOGICAL EVALUATION OF HYBRID FORMS OF NANJING CHERRY IN THE ORYOL REGION

A.A. Gulyaeva, T.N. Berlova, A.A. Galkova, I.N. Efremov

Federal State Budgetary Scientific Institution Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Oryol, Russia

E-mail: gulyaeva@orel.vniispk.ru

Keywords: Nanjing cherry, hybrid, yield, flowering, fruiting, coccomycosis, moniliosis, general condition.

Abstract. The objectives of the studies presented in this paper are to provide a comprehensive assessment of the economic and biological indicators of Nanjing cherry hybrids in the Oryol Region. This crop is of great theoretical and practical interest in the region. In this regard, there is a need for an economic and biological assessment of hybrid forms, which will fully realize the adaptability of Nanjing cherry in the Oryol region. The location of the study is the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISP), located in the Oryol Municipal District of the Oryol Region. Productivity indicators (yield and degree of flowering and fruiting), resistance to fungal diseases (coccomycosis and moniliosis), as well as the general condition of the plants were assessed. The presented studies were carried out on the basis of the laboratory of breeding, variety testing and varietal agricultural technology of stone fruit crops of this institute in the period from 2019 to 2024. The objects of the study were seven hybrids of Nanjing cherry obtained by free pollination with forms of Nanjing cherry from the genetic collection of the laboratory. In terms of yield, the best results were obtained for hybrid forms 88601 and

88599, whose yield was 6.9 kg/tree and 8.1 kg/tree, respectively. According to the complex of studied economic and biological indicators, among the studied hybrids of Nanjing cherry, hybrids 88599, 88596 and 88600 showed the best results. A correlation analysis of the economic and biological indicators of hybrid forms of Nanjing cherry and various weather and climate indicators of the period under consideration was also performed. It was found that the economic and biological indicators of Nanjing cherry were most strongly affected by such indicators as the average temperature of February, March, April, as well as the average temperature of April – July.

Вишня войлочная (*Cerasus tomentosa* Thunb.), или, как принято в современной классификации, микровишня войлочная (*Microcerasus tomentosa* (Thunb.) Eremín et Yusev.), относится к подроду *Prunus Lithocerasus* семейства *Rosaceae*. Вишня войлочная – это перспективная плодовая культура, которая имеет большое значение в садоводстве [1]. Наибольшее разнообразие видов рода *Cerasus* можно найти в Китае, который является родиной этого растения. В дикой природе вишня войлочная встречается в Китае, Корее и Монголии. Однако она также успешно культивируется в садах умеренного пояса Европы и Северной Америки с середины XX в. [2]. В Японии, Китае, Корее и на Дальнем Востоке России, в частности в Хабаровском и Приморском краях, вишня войлочная широко распространена. Она также перспективна для выращивания в суровых условиях канадских прерий и на севере США [3]. В России вишня войлочная была введена в культуру в 1930-е гг. На юге Средней Сибири она долгое время была очень популярна среди местных жителей и занимала первое место по площади среди всех видов вишен и микровишен. Однако в 1990-е гг., с развитием культуры абрикоса и сливы, интерес к вишне войлочной в этом регионе снизился, и большая часть насаждений была выкорчевана [4].

Вишня войлочная – это диплоидный вид ($2n = 16$). Она может расти в самых разных условиях благодаря своей экологической пластичности и хорошей морозостойкости. Ее ареал охватывает территорию от берегов Тихого океана до Гималаев и горного Туркестана в Центральной Азии [5]. В России вишня войлочная является культивируемым растением. Все ее природные популяции – это одичавшие вишни, которые попали в Европейскую часть страны через Приморский край более 150 лет назад. Из-за своей диплоидности вишня войлочная легко скрещивается с некоторыми видами сливы, персика и абрикоса [6].

Плод войлочной вишни – это шаровидная костянка диаметром до 1 см. Вес ягоды составляет примерно 1–5 г. Плодоножка короткая, всего 0,3–0,5 см длиной. Косточка мелкая. Окраска плодов может варьироваться от светло-розового до кораллово-красного цвета. На зрелых ягодах заметно слабое опушение. Мякоть сочная, неж-

ная, плотная или мягкая, с приятным сладковато-кисловатым вкусом [7]. В составе плодов содержится 8–10 % сахаров, в основном глюкозы и фруктозы, а также 0,8–1,2 % органических кислот, таких как яблочная и лимонная. Кроме того, в них присутствуют антоцианы (до 0,6 %), катехины (0,3 %), флавоноиды (0,2 %) и другие полезные вещества. Вишня войлочная занимает второе место после черешни по значению сахарокислотного индекса, который составляет 7,93. Это говорит о благоприятном сочетании сахаров и кислот в ее плодах, что придает им высокие вкусовые качества [8]. Плоды войлочной вишни устойчивы к дождевому растрескиванию и дружно созревают. Они богаты витаминами и другими антиоксидантами, такими как каротин, витамины B1, B2, C, D, E и ниацин [9].

По своим биологическим характеристикам вишня войлочная не может опыляться самостоятельно, так как в ее цветках содержится большое количество нектара. Плоды этого растения, костянки, созревают по всей длине побега. Они могут иметь разнообразную форму и степень опушения. Из-за плотного расположения на побеге плоды часто выглядят неровными, с вмятинами сбоку [10]. Ареал распространения видов микровишни довольно обширен: они встречаются в Евразии, Северной Америке и частично в Африке [11]. Главным образом вишня войлочная известна в Восточной Азии. Ее основное применение – селекция клоновых подвоев. Иногда ее используют для улучшения сортов сливы и других представителей рода *Prunus* [12–13]. Однако скрещивание с видами вишни обыкновенной и степной невозможно из-за их генетической отдаленности.

Вишню войлочную можно считать биоиндикатором различных заболеваний. Ее легко выращивать и просто содержать в условиях теплицы. Симптомы болезней сохраняются даже после повторных заражений [14]. Помимо того, что плоды вишни войлочной полезны, это растение обладает высокими декоративными свойствами. Поэтому его можно выращивать как декоративный кустарник даже в суровых климатических условиях [15]. Выращивание вишни войлочной оправдано благодаря ее скороплодности, высокой ежегодной урожайности, морозоустойчивости и

устойчивости к коккомикозу [5]. Особенно важно изучать хозяйственно-биологические особенности вишни войлочной при возделывании ее как интродукционного вида в регионах, где она ранее не имела распространения. В этой связи целью данной работы является изучение хозяйственно-биологических признаков гибридов вишни войлочной в условиях Орловской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучения проводили на продолжении шести лет в 2019–2024 гг. на научных участках лаборатории селекции и сортоизучения косточковых культур ВНИИСПК в соответствии с общепринятыми методиками [16]. В качестве объектов исследования были использованы высаженные в 2018 г. гибридные формы вишни войлочной, полученные во ВНИИСПК путем свободного опыления: 88594, 88595, 88596, 88598, 88599, 88600, 88601. Схема посадки – 5×3 м. Междурядья и приствольные полосы насаждений содержатся под черным паром. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием статистических методов [17] и статистической программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа были использованы данные о погодных и климатических условиях на террито-

рии, где выращивались гибриды вишни, в период проведения исследований (с 2019 по 2024 г.). Погодные и климатические условия в период исследования различались по годам. Например, средняя температура воздуха в апреле–июле варьировалась от 13,6 °С в 2022 г. до 15,2 °С в 2024 г. Аналогично изменялась и сумма температур выше +10 °С в апреле–июле: от 1432,8 °С в 2022 г. до 1709,9 °С в 2024 г. Что касается количества выпавших осадков, то наибольшее их количество было зафиксировано в 2022 г. (298,2 мм), а наименьшее – в 2023 г. (132,0 мм). Гидротермический коэффициент (ГТК) – это величина, которая характеризует баланс влаги за определенный период времени. Он рассчитывается как отношение суммы осадков (приходная часть ГТК) к сумме активных среднесуточных температур (расходная часть ГТК). Благоприятный для вишни показатель ГТК составляет 1,0–1,4. Если значение ГТК выше, это указывает на избыток влаги, а если ниже – на ее недостаток [18]. В рассматриваемый период ГТК варьировался от 1,0 до 1,4, что указывает на благоприятные погодные и климатические условия. Однако в 2023 г. было зафиксировано исключение: ГТК составил 0,7, что свидетельствует о недостатке увлажнения (табл. 1).

Таблица 1

Погодно-климатические условия в период исследования (2019–2024 гг.)
Weather and climate conditions during the study period (2019–2024)

Температура, °С										
Год	Средняя температура по месяцам								Средняя t апреля–июля	Сумма $t > +10$ °С апреля–июля
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2018–2019	-5,4	-7,0	-2,5	3,7	4,4	15,8	20,5	17,4	14,5	1625,8
2019–2020	0,0	-0,9	-1,1	3,5	5,6	11,3	19,1	19,6	13,9	1487,5
2020–2021	-3,9	-6,8	-11,0	-1,2	6,5	14,0	19,6	20,4	15,1	1682,0
2021–2022	-5,0	-5,4	-2,0	1,3	5,7	11,0	18,4	19,3	13,6	1432,8
2022–2023	-0,4	-5,0	-4,8	1,3	8,7	12,3	15,9	18,4	13,8	1488,2
2023–2024	-4,1	-10,5	-5,1	-1,7	9,5	11,4	18,7	21,1	15,2	1709,9
Среднее	-3,1	-5,9	-4,4	1,2	6,7	12,6	18,7	19,4	14,4	1571,0
Осадки, мм										
Год	Суммарное количество по месяцам								Сумма осадков апреля–июля	ГТК
	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль		
2018–2019	83,5	35,6	11,5	38,6	27,3	85,0	20,7	49,8	182,8	1,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2019–2020	22,8	23,3	47,7	12,3	10,0	68,4	52,3	111,6	242,3	1,4
2020–2021	18,2	53,6	34,9	10,9	49,7	63,3	99,6	37,8	250,4	1,2
2021–2022	42,8	43,9	12,7	3,5	145,4	38,3	42,6	71,9	298,2	1,0
2022–2023	105,7	17,8	15,3	43,6	26,6	9,0	36,8	59,6	132,0	0,7
2023–2024	57,8	48,6	41,4	9,8	55,6	45,7	59,0	44,9	205,2	1,0
Среднее	55,1	37,1	27,3	19,8	52,4	51,6	51,8	62,6	218,5	1,0

Урожайность и продуктивность сельскохозяйственных культур – ключевые показатели, которые определяют целесообразность выращивания конкретного вида, сорта или культуры в тех или иных почвенно-климатических условиях. Изучение продуктивности имеет важное значение, поскольку оно является одним из основных индикаторов эффективности сельского хозяйства. Высокая продуктивность позволяет получать больше продукции, затрачивая меньше ресурсов на производство. Это, в свою очередь, способствует увеличению прибыли хозяйств. Кроме того, анализ данного показателя помогает определить оптимальные условия для выращивания различных культур. Это включает в себя выбор подходящего сорта, правильное использование удобрений и системы полива, а также эффективные методы борьбы с вредителями и болезнями. Изучение продуктивности включает в себя не только определение урожайности – количества продукции, получаемой с единицы площади или отдельного растения в конкретных условиях, но и других показателей. В плодоводстве, например, важными являются такие факторы, как степень цветения и плодоношения.

По итогам проведенных исследований было установлено, что средняя степень цветения среди гибридов войлочной вишни составила 3,7 балла. У гибридов 88596 и 88601 степень цветения была на уровне среднего значения, у форм 88594, 88595 и 88599 – выше среднего (4,5 балла, 4,0 балла и 3,8 балла соответственно), у остальных форм степень цветения была ниже среднего – 3,0–3,5 балла. Средняя степень плодоношения составила 1,8 балла. У ряда форм (88594, 88596, 88601) этот показатель был равен среднему значению. У гибридов 88595, 88598 и 88600 степень плодоношения была несколько ниже среднего – 1,7 балла. Единственной формой, у которой степень плодоношения превышала среднее значение, является гибридная форма 88599 со степенью плодоношения в 2,3 балла. Средняя урожайность изучаемых гибридов вишни войлочной была равна 6,6 кг/дер. У форм 88594 и 88596 урожайность была равна среднему значению. В свою очередь, у форм 88595, 88598 и 88600 урожайность была несколько ниже среднего и составляла 5,8–6,1 кг/дер. Самая высокая урожайность среди изучаемых гибридов была отмечена у гибридов 88601 и 88599: 6,9 кг/дер. и 8,3 кг/дер. соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Показатели продуктивности гибридных форм вишни войлочной в 2019–2024 гг.
Productivity indicators of hybrid forms of felt cherry in 2019–2024

Гибрид	Степень цветения, балл	Степень плодоношения, балл	Урожайность, кг/дер.
1	2	3	4
88594	4,5	1,8	6,6
88595	4,0	1,7	5,8
88596	3,7	1,8	6,6
88598	3,0	1,7	6,1
88599	3,8	2,3	8,3
88600	3,5	1,7	6,1
88601	3,7	1,8	6,9
Среднее	3,7	1,8	6,6
НСР ₀₅	$F_T > F_\Phi$	$F_T > F_\Phi$	$F_T > F_\Phi$

Корреляционный анализ погодно-климатических условий и показателей продуктивности вишни войлочной позволил установить, что отдельные показатели зависели от погоды в изучаемый период. Так, отмечен высокий уровень положительной корреляции степени цветения и средней температуры февраля (0,94). Выявлен также высокий уровень положительной корреляции степени плодоношения и средней температуры февраля и марта (0,68 и 0,84 соответственно),

а также высокий уровень отрицательной корреляции со средней температурой апреля (-0,87) и средней температурой апреля – июля (-0,69). В свою очередь, также была отмечена высокая степень положительной корреляции урожайности гибридов войлочной вишни со средней температурой февраля (0,67) и марта (0,83), а также высокая степень отрицательной корреляции со средней температурой апреля (-0,89), со средней температурой апреля – июля (-0,67) (табл. 3).

Таблица 3

Корреляционный анализ влияния погодно-климатических условий на степень цветения и плодоношения гибридов войлочной вишни

Correlation analysis of the influence of weather and climate conditions on the degree of flowering and fruiting of felt cherry hybrids

Погодно-климатический показатель	Корреляция с цветением	Корреляция с плодоношением	Корреляция с урожайностью
Средняя температура декабря	0,00	-0,12	-0,09
Средняя температура января	0,34	0,57	0,64
Средняя температура февраля	0,94	0,68	0,67
Средняя температура зимы	0,62	0,49	0,59
Средняя температура марта	0,57	0,84	0,83
Средняя температура апреля	-0,33	-0,87	-0,89
Средняя температура мая	-0,44	0,08	0,10
Средняя температура весны	-0,06	0,06	0,17
Средняя температура июня	–	0,36	0,34
Средняя температура июля	–	-0,57	-0,59
Средняя температура апреля–июля	–	-0,69	-0,67
Сумма температур выше +10°C апреля–июля	–	-0,60	-0,64
Сумма осадков декабря	-0,04	-0,22	-0,15
Сумма осадков января	-0,28	-0,20	-0,28
Сумма осадков февраля	-0,02	-0,37	-0,35
Сумма осадков зимы	-0,26	-0,62	-0,66
Сумма осадков марта	-0,23	-0,09	-0,02
Сумма осадков апреля	0,26	0,19	0,21
Сумма осадков мая	0,15	0,50	0,41
Сумма осадков весны	0,32	0,44	0,52
Сумма осадков июня	–	-0,37	-0,49
Сумма осадков июля	–	0,51	0,60
Сумма осадков апреля – июля	–	0,33	0,41
ГТК	–	0,21	0,32

В селекции косточковых культур одним из важных направлений является создание генотипов, устойчивых к грибным болезням. В условиях Орловской области значительный вред этим культурам наносят такие заболевания, как коккомикоз и монилиоз.

Коккомикоз – это болезнь, вызываемая грибом *Blumeriella jaapii*. Она поражает листья косточковых плодовых деревьев. Сначала на листьях появляются мелкие красноватые пятна, которые со временем увеличиваются и сливаются. Если погода влажная и прохладная, на пятнах может

появиться розоватый налет. При сильном поражении листья становятся бурыми, засыхают и преждевременно опадают. Коккомикоз широко распространен в США, Западной Европе, России и некоторых странах бывшего СССР, в том числе в Латвии, Литве, Белоруссии, на Украине. На территории России болезнь известна с середины 1960-х гг. Развитию коккомикоза способствует дождливое лето, обильные росы, сильные туманы и относительно высокая температура воздуха.

Монилиоз – это грибковое заболевание, которое вызывает аскомицет *Monilinia*. Оно широко распространено в умеренном климате, особенно в регионах с холодной и влажной весной [19]. Заболевание поражает преимущественно косточковые и семечковые культуры. Основными возбудителями монилиоза являются *Monilinia cinerea* и *Monilinia fructigena*. Растения заражаются через повреждения в коре. Поражение происходит во время цветения. После инкубационного периода продолжительностью 10–11 дней листья и соцветия бурют, увядают и погибают. В теплую и дождливую погоду на черешках, цветоножках и нижней стороне листьев можно наблюдать конидиальное спороношение. Пораженные плоды мумифицируются, опадают или остаются висеть на ветках в течение зимы. Оптимальная температура для развития гриба – 15 °С, наиболее благоприятная влажность – 95–100 %. В России

монилиоз распространен широко, особенно в северо-западных, центральных областях, на Алтае, в Сибири и западной части Северного Кавказа. В Центральной России впервые монилиоз проявился весной-летом 1995 г. У вишни войлочной кроме множества положительных качеств есть и недостаток: она подвержена монилиозу, особенно при благоприятных условиях для развития гриба [20].

По итогам проведенных исследований установлено, что за весь период нашего изучения ни на одном из гибридов вишни войлочной не было отмечено поражения коккомикозом. В свою очередь, среднее поражение монилиозом по всем изучаемым формам составило 1,0 балл. У форм 88596, 88599, 88600, 88601 устойчивость к монилиозу была несколько выше и составила 0,7–0,8 баллов. В свою очередь, у некоторых форм поражение монилиозом превышало среднее значение и составляло у форм 88595 и 88598 1,3 балла, у формы 88594 – 1,5 балла. Стоит отметить, что у косточковых культур устойчивыми к той или иной болезни считаются генотипы, которые поражаются заболеванием не более чем на 2,0 балла. Среднее значение поражения монилиозом у всех гибридов было ниже 2,0 баллов, однако максимальное поражение болезнью у отдельных гибридов было равно 2,0 баллам, а у форм 88594, 88595, 88598, 88599, 88601 – 3,0 баллам (табл. 4).

Таблица 4

Устойчивость к грибным болезням гибридных форм вишни войлочной в 2019–2024 гг.
Resistance to fungal diseases of hybrid forms of felt cherry in 2019–2024

Гибрид	Поражение коккомикозом, балл		Поражение монилиозом, балл	
	Среднее	Максимальное	Среднее	Максимальное
88594	0,0	0,0	1,5	3,0
88595	0,0	0,0	1,3	3,0
88596	0,0	0,0	0,7	2,0
88598	0,0	0,0	1,3	3,0
88599	0,0	0,0	0,8	3,0
88600	0,0	0,0	0,7	2,0
88601	0,0	0,0	0,8	3,0
Среднее	0,0	0,0	1,0	2,7
НСР ₀₅	0,0	–	$F_T > F_{\phi}$	–

Был проведен корреляционный анализ погодно-климатических показателей периода исследования и степени устойчивости гибридов войлочной вишни к монилиозу. Выяснилось наличие высокой степени положительной корреляции средней температуры зимы с устойчивостью к

данной болезни (0,80, при этом уровень корреляции каждого из месяцев зимы с устойчивостью гибридов войлочной вишни к монилиозу также был достаточно высок и колебался в пределах от 0,61 до 0,68). Кроме того, была отмечена высокая степень отрицательной корреляции между

устойчивостью войлочной вишни к монилиозу и такими показателями, как средняя температура мая (-0,85), средняя температура апреля–июня

(-0,84), сумма температур выше +10 °С апреля–июня (-0,91) (табл. 5).

Таблица 5

Корреляционный анализ влияния погодно-климатических условий на степень устойчивости гибридов войлочной вишни к монилиозу
Correlation analysis of the influence of weather and climate conditions on the degree of resistance of felt cherry hybrids to moniliosis

Погодно-климатический показатель	Корреляция с устойчивостью к монилиозу
Средняя температура декабря	0,68
Средняя температура января	0,61
Средняя температура февраля	0,61
Средняя температура зимы	0,80
Средняя температура марта	0,27
Средняя температура апреля	0,18
Средняя температура мая	-0,85
Средняя температура весны	-0,30
Средняя температура июня	-0,45
Средняя температура апреля–июня	-0,84
Сумма температур выше +10 °С апреля–июня	-0,91
Сумма осадков декабря	-0,15
Сумма осадков января	-0,55
Сумма осадков февраля	0,38
Сумма осадков зимы	-0,31
Сумма осадков марта	-0,27
Сумма осадков апреля	0,01
Сумма осадков мая	-0,35
Сумма осадков весны	-0,33
Сумма осадков июня	-0,20
Сумма осадков апреля – июня	-0,25
ГТК	-0,00

Общее состояние плодовых растений – это комплексное понятие, которое включает в себя такие факторы, как здоровье, рост, развитие, продуктивность растений и пр. Важно изучать общее состояние плодовых растений, поскольку оно влияет на качество и количество урожая, а также на устойчивость растений к заболеваниям и неблагоприятным условиям окружающей среды. Изучение общего состояния плодовых растений позволяет принимать меры по улуч-

шению условий выращивания, предотвращать возможные проблемы и повышать эффективность производства.

По итогам проведенных исследований установлено, что у большинства изучаемых гибридов вишни войлочной общее состояние составляло 5,0 баллов, что является максимально высоким показателем. Исключение составили лишь формы 88599 и 88601, у которых степень общего состояния была равна 4,8 балла (табл. 6).

Таблица 6

Общее состояние гибридных форм вишни войлочной в 2019–2024 гг.
General condition of hybrid forms of felt cherry in 2019–2024

Гибрид	Общее состояние, балл
88594	5,0
88595	5,0
88596	5,0
88598	5,0
88599	4,8
88600	5,0
88601	4,8
Среднее	5,0
НСР ₀₅	$F_t > F_\phi$

Согласно данным корреляционного анализа степень общего состояния гибридов вишни войлочной имела высокий уровень положительной корреляции с такими показателями, как средняя температура июня и суммарное количество осад-

ков в мае (по 0,70 в обоих случаях), суммарное количество осадков апреля – июля (0,67) и ГТК (0,66). В то же время была выявлена и высокая степень отрицательной корреляции со средней температурой апреля (-0,93) (табл. 7).

Таблица 7

Корреляционный анализ влияния погодно-климатических условий на степень общего состояния гибридов войлочной вишни
Correlation analysis of the influence of weather and climate conditions on the degree of general condition of felt cherry hybrids

Погодно-климатический показатель	Корреляция с общим состоянием
Средняя температура декабря	-0,30
Средняя температура января	0,45
Средняя температура февраля	0,12
Средняя температура зимы	0,16
Средняя температура марта	0,46
Средняя температура апреля	-0,93
Средняя температура мая	0,32
Средняя температура весны	-0,07
Средняя температура июня	0,70
Средняя температура июля	-0,22
Средняя температура апреля–июля	-0,17
Сумма температур выше +10 °С апреля–июля	-0,19
Сумма осадков декабря	-0,60
Сумма осадков января	0,21
Сумма осадков февраля	-0,05
Сумма осадков зимы	-0,81
Сумма осадков марта	-0,32
Сумма осадков апреля	0,18
Сумма осадков мая	0,70
Сумма осадков весны	0,56
Сумма осадков июня	0,11
Сумма осадков июля	0,30
Сумма осадков апреля–июля	0,67
ГТК	0,66

ВЫВОДЫ

1. По комплексу рассматриваемых хозяйственно ценных признаков среди изучаемых гибридов вишни войлочной лучшим образом проявили себя гибриды 88599, 88596, 88600. Данные генотипы могут рекомендоваться как для использования в последующих селекционных исследованиях на комплекс показателей продук-

тивности, так и для возделывания в промышленных условиях.

2. Среди исследованных погодно-климатических показателей наибольшее влияние на показатели продуктивности гибридов вишни войлочной в условиях Орловской области согласно проведенному корреляционному анализу оказали средние температуры февраля, марта, апреля, а также средняя температура апреля – июля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Царенко Н.А. Сезонные ритмы развития двух видов микровишни в Приморском крае // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 4. – С. 23–25.
2. Бученков И.Э. Войлочная вишня // Агропанорама. – 2000. – № 3. – С. 34–35.
3. Казьмин Г.Т. Войлочная вишня. – Хабаровск: Книжное издательство, 1975. – 108 с.
4. Еремин Г.В., Коваленко Н.Н. Вишня войлочная // Садоводство. – 1996. – № 4. – С. 43.
5. Бученков И.Э., Чернецкая А.Г. Сортоизучение вишни войлочной (*Cerasus tomentosa* Thub.) в почвенно-климатических условиях Пинского района // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2. – С. 42–46.
6. Царенко В.П., Царенко Н.А. Вишня войлочная. – Изд. 3-е. – Челябинск: НПО «Сад и огород»; Челябинский дом печати, 2010. – 160 с.
7. Левгерова Н.С., Джигадо Е.Н. Химико-технологическая характеристика плодов современного сортимента вишни (обзор) // Вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 4. – С. 794–810.
8. Царенко В.П., Царенко Н.А. Вишня войлочная. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – 159 с.
9. Prediction of Potentially Suitable Distribution Areas for *Prunus tomentosa* in China Based on an Optimized Max-Ent Model / B. Fang, Q. Zhao, Q. Qin, J. Yu // Forests. – 2022. – № 13. – С. 381. – DOI: <https://doi.org/10.3390/f13030381>.
10. Шевченко С.М., Сорокопудов В.Н., Навальнева И.А. Интродукция вишни войлочной в ботаническом саду Белгородского государственного университета // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 7 (46). – С. 39–43.
11. Пласкина Т.В. Особенности размножения алтайских генотипов вишни и микровишни с использованием методов биотехнологии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2007. – 18 с.
12. Авдеев В.И. Белковые маркеры видов *Microcerasus* Webb // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (63). – С. 36–40.
13. The complete chloroplast genome of Tomentosa cherry *Prunus tomentosa* (Prunoideae, Rosaceae) / T. Tao Chen, Y. Wang, L. Wang [et al.] // Mitochondrial DNA Part. – 2018. – July. – № 3 (2). – P. 672–673. – DOI: 10.1080/23802359.2018.1476068.
14. The versatility of *Prunus tomentosa* as a bioindicator of viruses / V.D. Damsteegt, Andrew Larack Stone, G.I. Mink [et al.] // Acta Horticulturae. – 1998. – № 472 (472). – November. – P. 143–146. – DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.472.14.
15. Characterization of Tomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSR markers and morphological traits / Z. Qijing, Y. Guijun, D. Hongyan [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2008. – September. – Vol. 118, Is. 1, 2. – P. 39–47. – DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.022.
16. Бученков И.Э., Чернецкая А.Г. Сортоизучение вишни войлочной (*Cerasus tomentosa* Thub.) в почвенно-климатических условиях Пинского района // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2. – С. 42–46.
17. Косточковые культуры / Е.Н. Джигадо, А.Ф. Колесникова, Г.В. Еремин [и др.] // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур; под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 300–351.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
19. Ханин В.Ф., Ханина Н.П. Зависимость содержания Р-активных веществ и витамина С в ягодах черной смородины в зависимости от гидротермического режима вегетации // Бюллетень научной информации ЦГЛ. – 1990. – Вып. 49. – С. 42–48.
20. Насонова Г.В. Проблема борьбы с монилиозом на вишне и пути ее решения // Современное садоводство. – 2017. – № 3(23). – С. 65–73. – DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00018.

21. Изменчивость вишни войлочной (*Cerasus tomentosa* Thub.) в Республике Алтай / О.В. Ладыженская, В.Г. Донских, Т.С. Аниськина, М.В. Симахин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 46–54. – DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-46-54.

REFERENCES

1. Tsarenko N.A., *Vestnik Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk*, 2011, No. 4, pp. 23–25. (In Russ.).
2. Buchenkov I.E., *Agropanorama*, 2000, No. 3, pp. 34–35. (In Russ.).
3. Kazmin G.T., *Voylochnaya vishnya* (Nanjing cherry), Khabarovsk: Knizhnoye izdatelstvo, 1975, 108 p.
4. Eremin G.V., Kovalenko N.N., *Sadovodstvo*, 1996, No. 4, pp. 43. (In Russ.).
5. Buchenkov I.E., Chernetskaya A.G., *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2013, No. 2, pp. 42–46. (In Russ.).
6. Tsarenko V.P., Tsarenko N.A., *Vishnya voylochnaya* (Nanjing cherry), Chelyabinsk: NPO «Sad i ogorod»; Chelyabinskiy dom pečati, 2010, 160 p.
7. Levgerova N.S., Dzhigadlo E.N., *Vestnik VOGiS*, 2009, T. 13, No. 4, pp. 794–810. (In Russ.).
8. Tsarenko V.P., Tsarenko N.A., *Vishnya voylochnaya* (Nanjing cherry), Vladivostok: Dalnauka, 2004, 159 p.
9. Fang B., Zhao Q., Qin Q., Yu J., Prediction of Potentially Suitable Distribution Areas for *Prunus tomentosa* in China Based on an Optimized MaxEnt Model, *Forests*, 2022, No. 13, pp. 381, DOI: 10.3390/f13030381.
10. Shevchenko S.M., Sorokopudov V.N., Navalneva I.A., *Vestnik KrasGAU*, 2010, No. 7 (46), pp. 39–43. (In Russ.).
11. Plaksina T.V., *Osobennosti razmnzheniya altayskikh genotipov vishni i mikrovishti s ispolzovaniyem metodov biotekhnologii* (Peculiarities of reproduction of Altai genotypes of cherry and microcherry using biotechnology methods), Extended abstract of candidate's thesis, Barnaul, 2007, 18 p. (In Russ.).
12. Avdeyev V.I., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 1 (63), pp. 36–40. (In Russ.).
13. Tao Chen T., Wang Y., Wang L., Chen Q., Zhang J., Tang H.R., Wang X.R., The complete chloroplast genome of Tomentosa cherry *Prunus tomentosa* (Prunoideae, Rosaceae), *Mitochondrial DNA Part*, 2018, July, No. 3 (2), pp. 672–673, DOI: 10.1080/23802359.2018.1476068.
14. Damsteegt V.D., Andrew Larack Stone. Mink G.I., Howell W.E., Waterworth H.E., The versatility of *Prunus tomentosa* as a bioindicator of viruses, *Acta Horticulturae*, 1998, No. 472 (472), November, pp. 143–146, DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.472.14.
15. Qijing Z., Guijun Y., Hongyan D., Xinzhong Z., Chunmin L., Zhihong Z., Characterization of Tomentosa cherry (*Prunus tomentosa* Thunb.) genotypes using SSR markers and morphological traits, *Scientia Horticulturae*, 2008, September, Vol. 118, Is. 1, 2, pp. 39–47, DOI: 10.1016/j.scienta.2008.05.022.
16. Buchenkov I.E., Chernetskaya A.G., *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2013, No. 2, pp. 42–46. (In Russ.).
17. Dzhigadlo E.N., Kolesnikova A.F., Eremin G.V., Morozova T.V., Debiskayeva S.Yu., Kanshina M.V., Medvedeva N.I., Simagin V.S., *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh. yagodnykh i orekhoplodnykh kultur* (Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops); pod red. E.N. Sedova, T.P. Ogoltsovoy, Orel: VNI-ISPK, 1999, pp. 300–351. (In Russ.).
18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alians, 2011, 350 p.
19. Khanin V.F., Khanina N.P., *Byulleten nauchnoy informatsii TsGL*, 1990, No. 49, pp. 42–48. (In Russ.).
20. Nasonova G.V., *Sovremennoye sadovodstvo*, 2017, No. 3 (23), pp. 65–73, DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00018. (In Russ.).
21. Ladyzhenskaya O.V., Donskikh V.G., Aniskina T.S., Simakhin M.V., *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2023, No. 2, pp. 46–54, DOI: 10.26897/0021-342X-2023-2-46-54. (In Russ.).

Информация об авторах:

А.А. Гуляева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Т.Н. Берлова, младший научный сотрудник
А.А. Галькова, младший научный сотрудник
И.Н. Ефремов, научный сотрудник

Contribution of the authors:

A.A. Gulyaeva, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
T.N. Berlova, Junior Researcher
A.A. Galkova, Junior Researcher
I.N. Efremov, Researcher

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К.С. Макарова, А.Ф. Петров, Ю.А. Семенюк

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: kcmakarova@yandex.ru

Для цитирования: Макарова К.С., Петров А.Ф., Семенюк Ю.А. Совершенствование технологии производства земляники садовой в условиях лесостепи Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 40–46. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-40-46.

Ключевые слова: садоводство, земляника садовая, сорт, перезимовка, приживаемость, интродукция.

Реферат. Ягоды земляники садовой имеют распространение во всех регионах нашей страны, сама культура вызывает большой интерес в среде агроспециалистов, а также популярна у садоводов-любителей. Она является одной из наиболее выгодных садовых культур. У земляники садовой много преимуществ, ее ягоды содержат много аскорбиновой кислоты, биологически активных веществ, обладают необходимыми лечебными, а также высокими диетическими свойствами. Несмотря на ее широкое распространение и огромный выбор сортов, хороший урожай можно получить не всегда. Основная причина этого – слабое научно-техническое обеспечение, природно-климатические факторы и отсутствие качественного посадочного материала. В данной работе представлены результаты исследований по производству посадочного материала земляники садовой крупноплодной, приживаемости растений, формированию вегетативной массы и перезимовке. В результате проведения исследования было установлено, что почвенно-климатические условия лесостепи Западной Сибири по приходу фотосинтетически активной радиации и сумме активных температур достаточны для роста и формирования урожайности земляники садовой. При этом приживаемость растений земляники сильно зависит от условий года, когда разница составляет более 20 %. Кроме того, доказано, что наиболее оптимальной является технология производства саженцев с закрытой корневой системой в горшках объемом 0,5 л. Сорта Орлец и Солнечная по изучаемым параметрам могут быть рекомендованы для производства в условиях Западной Сибири.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF STRAWBERRY PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

K.S. Makarova, A.F. Petrov, Yu.A. Semenyuk

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: kcmakarova@yandex.ru

Keywords: gardening, strawberry, variety, overwintering, survival, introduction.

Report. Garden strawberries are widespread in all regions of our country, the culture itself is very interesting among agricultural specialists, as well as among amateur gardeners. It is one of the most profitable garden crops. Garden strawberries have many advantages, their berries contain a lot of ascorbic acid, biologically active substances, have the necessary medicinal, as well as high dietary properties. Despite its widespread distribution and a huge selection of varieties, a good harvest can not always be obtained. The main reason for this is poor scientific and technical support, natural and climatic factors and the lack of high-quality planting material. This paper presents the results of studies on the production of planting material for large-fruited garden strawberries, plant survival, formation of vegetative mass and overwintering. As a result of the study, it was found that the soil and climatic conditions of the forest-steppe of Western Siberia in terms of the arrival of photosynthetically active radiation and the sum of active temperatures are sufficient for the growth and formation of the yield of garden strawberries. At the same time, the survival rate of strawberry plants strongly depends on the conditions of the year, when the difference is more than 20%. In addition, it has been proven that the most optimal technology is the production of seedlings with a closed root system in 0.5 l pots. The Orlets and Solnechnaya varieties can be recommended for production in Western Siberia according to the parameters studied.

Садовая земляника не только красива, ароматна и вкусна, но и очень полезна. Она содержит целый ряд витаминов и микроэлементов. Существует огромное количество сортов земляники. Их уже более трех тысяч. Каждый год появляются все новые и новые селекционные новинки. Однако некоторые европейские сорта могут зимовать плохо, а голландские или польские – хорошо. В зависимости от сорта продуктивный срок жизни плантации может быть 3–5 лет и более [1–2]. Сорта для Сибири должны выдерживать осенние морозы до -24°C (без снега) и быстро восстанавливаться весной после потери листьев. Они должны быть устойчивыми к земляничному клещу и гнилям плодов, приводящим к полной потере урожая. Сорта должны быть стабильно урожайными (не менее $1,5\text{--}2,5\text{ кг/м}^2$) и иметь ягоды хорошего качества: крупнее средних – крупные и выровненные по сборам, достаточно плотные, хорошей формы, столового или десертного вкуса [3–5].

Сорта, устойчивые в культуре, – группа растений, способная хорошо конкурировать с небольшим количеством сорняков, переносить недолговременную засуху. Данные сорта зимостойкие, устойчивые к вредителям и болезням, могут быть продуктивны до 5–6 лет и более. Они отличаются ежегодным и обильным плодоношением, при этом размер и форма плодов может быть разнообразной [4, 6].

Сорта интенсивного типа дают исключительный урожай только два года. Сорта, требующие хорошего ухода (систематических прополок, полива, подкормок), быстро вступающие в плодоношение и быстро стареющие, называются сортами интенсивного типа. Сейчас это основная группа сортов во всем мире [7–9]. Такие сорта хорошо чувствуют себя три года, т. е. они дают два урожая, после чего их следует заменять. Они отличаются очень качественными плодами, урожаем выше среднего. Устойчивые в культуре сорта способны плодоносить 3–4 года: Русич, Кокинская заря, Солнечная полянка, Эльсанта. Редкие сорта могут жить на одном месте до 10–12 лет: Бердский рубин, Омская ранняя, Крымская ремонтантная [7–12].

Цель исследования – оценить посадочный материал различных сортов земляники садовой с закрытой корневой системой в условиях УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили в УПХ «Сад Мичуринцев» в 2023–2024 гг. Посадку земляники садовой крупноплодной осуществляли 15 августа 2023 и 2024 гг. Для закладки опыта, роста и развития земляники садовой крупноплодной более благоприятные условия сложились в 2024 г. (рис. 1).

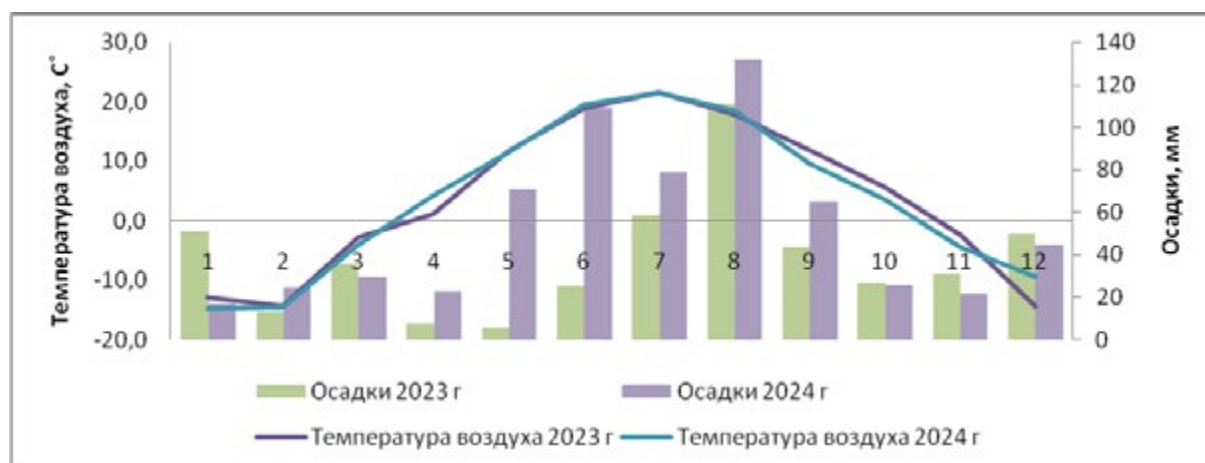


Рис. 1. Погодные условия за 2023–2024 гг.

Weather conditions for 2023–2024

Объектами исследований были сорта земляники садовой крупноплодной: Орлец, Солнечная полянка, Фейерверк, Фестивальная, Юния Смайде.

Все исследования проводили согласно Методике государственного сортоиспытания и общепринятых методик по определению качественных параметров [13]. В исследованиях использовались сорта, районированные по Западно-Сибирскому

региону (10). Субстрат для выращивания готовили заранее в соотношении компонентов 1 : 1 : 0,5 : 0,2 – дерновая земля, торф, перегной и вермикулит.

Все компоненты просеивали через сито и удаляли растительные остатки, ветки, камни и т.д. Просеянный субстрат распределяли в горшки объемом 0,5 л, затем горшки распределяли в траншею и присыпали землей для лучшей устойчивости и дальнейшей перезимовки. После установки все горшки проливали проточной водой, затем высаживали розетки земляники садовой крупноплодной, далее снова проливали проточной водой.

Площадь листовой поверхности является основой для расчетов чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала и других важных показателей. Определение ее является весьма сложным учетом, так как форма и размер листьев изменяются в течение всего вегетационного периода. Кроме того, конфигурация листовых пластинок у земляники очень разнообразна и трудно поддается измерению. Мы использовали метод создания усредненных

образцов (шаблонов) путем нанесения отпечатков. Для этого на миллиметровую бумагу наносили контур листа (крупного, среднего, мелкого), вычисляли площадь каждого шаблона и брали эти показатели за основу при вычислении площади листовой поверхности в каждом варианте опыта. В каждом повторении по всем вариантам выбирались пять растений, на которых проводилось дальнейшее изучение количества сформировавшихся листьев и площади.

Перезимовку земляники садовой оценивали по методике определения приживаемости [14, 15].

На рис. 2 представлена схема посадок исследования. Пять сортов земляники садовой крупноплодной расположены в 4-кратной повторности по 45 растений. Вокруг учетных повторений расположены защитные насаждения в два ряда. Розетки для исследования брали 1-го и 2-го порядка, однородные, одинакового размера и с одинаковым развитием листьев. После высадки посадку накрывали агротканью для уменьшения испарения влаги и притенения.



Рис. 2. Схема закладки опыта
Scheme of the bookmark of the experiment

Полученные данные обработаны методом дисперсионного анализа на ПК с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приживаемость растений земляники садовой крупноплодной мы определяли соотношением укорененных растений в опыте к их общему количеству. В среднем общее число растений одного сорта составило 180 шт., общее число учетных растений в опыте составило 900 шт., а с учетом защитных полос – 1 100 шт.

В результате учета приживаемости земляники садовой было установлено, что укоренение в большей степени зависело от условий года и в меньшей степени от генотипа.

Состояние новых посадок согласно методике оценивали дважды (5 и 25 сентября), что в комплексе позволяло отследить динамику приживаемости (рис. 3).

Так, приживаемость определяли по количеству сформированных розеток. По рис. 3 видно, что распределение количества розеток сильно отличается по датам оценки.

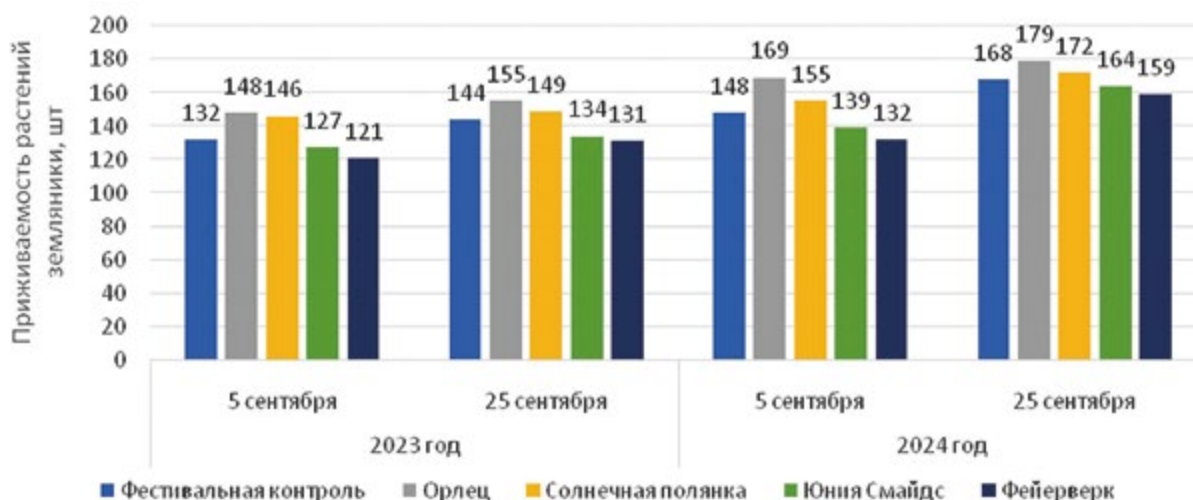


Рис. 3. Приживаемость растений земляники садовой крупноплодной, шт. (2023–2024 гг.)
Survival rate of large-fruited garden strawberry plants, pcs. (2023–2024)

Так, приживаемость определяли по количеству сформированных розеток. По рис. 3 видно, что распределение количества розеток сильно отличается по датам оценки.

В 2023 г. стало известно, что к 5 сентября в опыте присутствовали розетки садовой земляники крупноплодной по сортам, количество которых колебалось от 121 до 148 шт. В качестве контрольного варианта был взят сорт земляники Фестивальная, где было зафиксировано 132 розетки. Обратив внимание на погодные условия в период закладки опыта, можно отметить, что температуры колебалась от 14,9 до 17,8 °С, что способствовало успешному приживлению розеток. Однако в начале вегетационного периода уровень осадков был значительным и достиг

67 мм. К началу сентября даже слабые розетки начали пускать новые листья, а корневая система начала активное развитие только к середине месяца. В 2024 г. наблюдается та же тенденция развития молодых розеток земляники садовой. Количество прижившихся розеток к первой декаде сентября было ниже, чем к концу месяца. Погодные условия в эти даты характеризовались равномерным снижением температуры от +18,6 до 12,2 °С, при этом количество осадков также было равномерным, варьируя от 29 до 58 мм на протяжении всего периода наблюдений. Такое распределение влаги и температуры показало, что розетки земляники садовой крупноплодной приживаются лучше, чем в 2023 г.

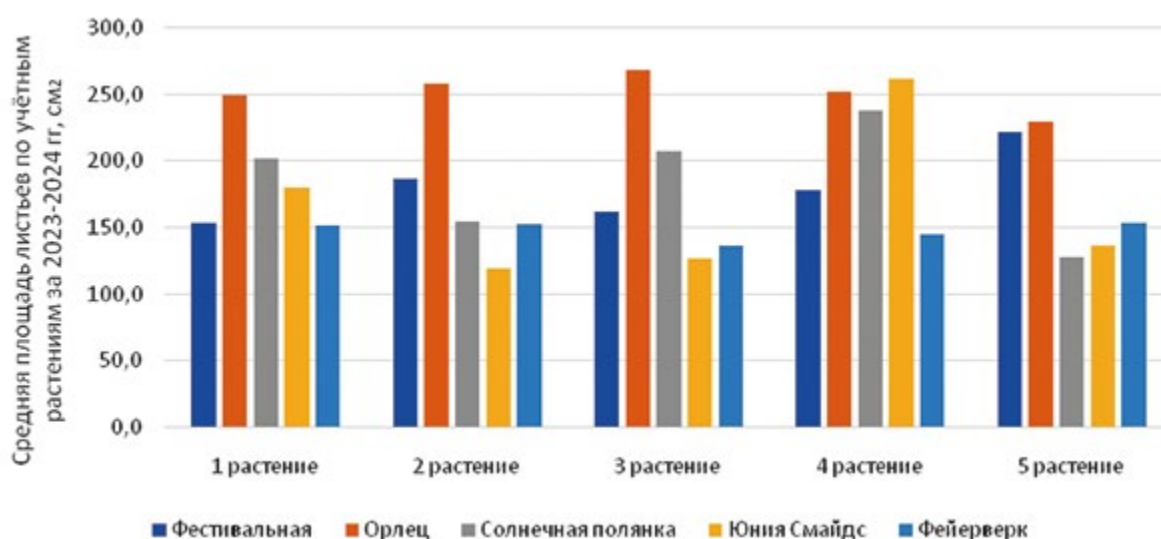


Рис. 4. Средняя площадь листьев земляники с пяти учетных растений за 2023–2024 гг., см²
Average area of strawberry leaves from five accounting plants for 2023–2024, cm²

Площадь листовой пластинки для розеток земляники важна, так как листья – основной орган фотосинтеза растений, но если говорить про рассаду земляники как про товар, то листья – основной индикатор. По количеству листьев, по их окраске покупатель определяет будет он брать тот или иной посадочный материал. Первая сложность при выборе – это вкус ягод, но внешний вид играет огромную роль. В нашем исследовании болезней и вредителей на посадочном материале земляники садовой крупноплодной не наблюдалось.

Проанализируем сорта, сравнив их с контрольным сортом Фестивальная, у которого средняя площадь листовой пластинки равняется 180 см^2 . Так, сорта Орлец и Солнечная полянка показали результаты выше уровня контроля, с площадями листьев в 251 и 185 см^2 соответственно. Это превышает контрольный показатель на 71 и 5 см^2 . В то же время сорта Юния Смайде и Фейерверк показали результаты ниже контрольного: их площади листьев были 164 и 147 см^2 , что на 16 и 33 см^2 меньше контрольного показателя.

При оценке земляники садовой количество листьев было определено по размеру и количеству на розетке 25 сентября. Чем больше листьев, тем лучше качество посадочного материала. В среднем на всех сортах было около трех цельных листьев. Сорт Фестивальная выделился среди остальных, имея около трех листьев на розетке, преимущественно маленьких. Сорт Орлец отличался тем, что в нем были преимущественно средние и крупные листья, в то время как сорт Солнечная полянка имел большую часть листьев среднего и мелкого размера. При этом рассада сорта Орлец выглядела более привлекательно. Этот материал для посадки впечатлял здоровьем и пушистостью благодаря черешкам листьев средней длины, которые гармонично вписывались в горшок. Листья большего размера имели черешки искривленные и выглядевшие неестественно. В среднем на растении сорта Юния Смайде наблюдалось три листа. На этом сорте были замечены листья небольшого размера, а также очень маленькие и редкие листья среднего размера. В целом посадочный материал производил впечатление недоразвитого и слабого, не вызывая особого интереса. Сорт Фейерверк имеет среднее количество листьев в течение исследовательских лет, сравнимое с сортом земляники Юния Смайде: три листа. Внешний вид посадочного материала и преимущество небольших листьев аналогичны предыдущему сорту.

Земляника садовая – это простая культура с крупными плодами, но в условиях Западной Сибири и в особенности на территории УПХ «Сад Мичуринцев» основной проблемой при выращивании является перезимовка. В холодные годы молодые розетки земляники могут замерзнуть из-за недостаточного снега и глубокого промерзания почвы. Для улучшения сохранности посадочного материала было проведено исследование, в рамках которого траншеи с вкопанными горшками были окопаны по кругу, чтобы защитить крайние ряды от замерзания.

Зима 2023–2024 г. оказалась снежной, и снежный покров достиг значительной толщины, что позволило сохранить растения для следующего сезона. Благодаря использованию горшков объемом $0,5$ л молодые растения не пострадали от морозов.

Перезимовка сортов земляники садовой крупноплодной показала, что сорта Орлец и Солнечная полянка выше стандарта на 4 и 1% соответственно. Но сорта Юния Смайде и Фейерверк значительно ниже контроля: на 8 и 10% соответственно. Контрольный вариант показал уровень в 83% перезимовки. Для нашего региона такая перезимовка оценивается как хорошая. Весь посадочный материал после перезимовки был хорошего качества и требовал минимального ухода. Кроме того, за счет используемой емкости защищенная корневая система практически не повреждалась при выкопке из траншеи, следовательно, растение меньше подвергалось стрессу и выглядело презентабельно.

ВЫВОДЫ

1. Почвенно-климатические условия лесостепи Западной Сибири по приходу фотосинтетически активной радиации и сумме активных температур достаточны для роста и формирования урожайности земляники садовой.

2. Исследование показало, что приживаемость земляники садовой сильно зависит от условий года, так, например, приживаемость в 2024 г. была выше на 20% показателей 2024 г. При этом лучшие результаты получены на вариантах с закрытой корневой системой в горшках объемом $0,5$ л.

3. Сорта Орлец и Солнечная показали себя лучшими по изучаемым параметрам и могут быть рекомендованы для выращивания рассады с закрытой корневой системой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маркова Е.В., Колесова Е.А. Сравнительная характеристика сортов земляники садовой в условиях Тульской области // Вектор развития науки: мат-лы науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых факультета агро- и биотехнологий, Балашиха, 1 января – 31 января 2023 г. – Балашиха, 2023. – С. 69–74. – EDN OEOKOY.
2. Romanenko E.N. Study of the Effect of Mineral Fertilizers (NPK) on Plant Parasitic Nematodes from the Family Longidoridae in Rhizosphere of Strawberry // Journal of Russian Phytopathological Society. – 2002. – Vol. 3. – P. 55–59. – EDN JPYRYN.
3. Пищевая ценность плодов перспективных сортов земляники / М.Ю. Акимов, Е.В. Жбанова, В.Н. Макаров [и др.] // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 2. – С. 64–72.
4. Макарова К.С., Титова Г.Т. Влияние качества субстрата на развитие рассады земляники при ее выращивании с закрытой корневой системой // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 21 октября 2022 г. – Новосибирск, 2022. – С. 36–40. – EDN ZHKGKT.
5. Титова Г.Т., Макарова К.С. Ягодные культуры – основа Сибирского сортимента плодово-ягодных растений // Роль науки в развитии современного садоводства России, Мичуринск–научоград РФ, 15–16 сентября 2022 г. – Мичуринск, 2022. – С. 44–47. – EDN PYYZRS
6. Козлова И.И. Влияние субстрата и фиторегуляторов на развитие корневой системы рассады земляники садовой в малообъемных контейнерах // Плодоводство и ягодоводство России. – 2021. – № 65. – С. 54–59. – DOI: 10.31676/2073-4948-2021-65-54-59.
7. Introduction of Large-Fruited Strawberry Varieties on the Territory of the Novosibirsk Region in the Conditions of Western Siberia / K.S. Makarova, A.F. Petrov, A.V. Pastukhova [et al.] // Advancements in Life Sciences. – 2022. – Vol. 9, N 3. – P. 328–333. – EDN WSPJTA.
8. Интродукция новых сортов крупноплодной ремонтантной земляники в лесостепи западной Сибири / К.С. Макарова, А.В. Пастухова, А.С. Газизулина [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 4(34). – С. 128–134. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-34-4-132-138. – EDN AXYLPH.
9. Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios / E.V. Rudoy, M.S. Petukhova, A.F. Petrov [et al.] // Data in Brief. – 2020. – Vol. 29. – P. 105077. – DOI: 10.1016/j.dib.2019.105077. – EDN HF-EZUY.
10. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ. Т. 1. Сорта растений. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/> (дата обращения: 10.01.2025).
11. Совершенствование элементов технологии выращивания саженцев смородины черной / А.Ф. Петров, К.С. Макарова, О.Н. Колбина [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 79–84. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-79-84. – EDN JNDHYP.
12. Ярославцев Е.И. Ягодные культуры в нечерноземной зоне. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 254 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. заведений. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. Программно-методические указания по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами / Под ред. Н.Д. Спиваковского. – Мичуринск, 1972. – 184 с.
15. Заика А.С., Антипенко М.И., Бледных О.В. Особенности влияния поздневесенних заморозков на рост и развитие земляники садовой // Плодоводство и ягодоводство России. – 2024. – Т. 76. – С. 39–51. – DOI: 10.31676/2073-4948-2024-76-39-51. – EDN HZHKE.

REFERENCES

1. Markova E.V., Kolesova E.A., *Vektor razvitiya nauki* (Vector of scientific development), Proceedings of the Conference Title, 2023, pp. 69–74, EDN OEOKOY. (In Russ.)
2. Romanenko E.N., Study of the Effect of Mineral Fertilizers (NPK) on Plant Parasitic Nematodes from the Family Longidoridae in Rhizosphere of Strawberry, *Journal of Russian Phytopathological Society*, 2002, Vol. 3, pp. 55–59, EDN JPYRYN.
3. Akimov M.Yu., Zhdanova E.V., Makarov V.N. [i dr.], *Voprosy pitaniya*, 2019, T. 88, No. 2, pp. 64–72. (In Russ.)
4. Makarova K.S., Titova G.T., *Aktual'nye problem agropromyshlennogo kompleksa* (Current issues of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2022, pp. 36–40, EDN ZHKGKT. (In Russ.)
5. Titova G.T., Makarova K.S., *Rol' nauki v razvitiy sovremennogo sadovodstva Rossii* (The role of science in the development of modern gardening in Russia), Michurinsk-naukograd RF, 15–16 sentyabrya 2022 g., Michurinsk, 2022, pp. 44–47, EDN PYYZRS. (In Russ.)

6. Kozlova I.I., *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2021, No. 65, pp. 54–59, DOI: 10.31676/2073-4948-2021-65-54-59. (In Russ.)
7. Makarova K.S., Petrov A.F., Pastukhova A.V. [et al.], Introduction of Large-Fruited Strawberry Varieties on the Territory of the Novosibirsk Region in the Conditions of Western Siberia, *Advancements in Life Sciences*, 2022, Vol. 9, No. 3, pp. 328–333, EDN WSPJTA.
8. Makarova K.S., Pastuhova A.V., Gazizulina A.S. [i dr.], *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2021, No. 4(34), pp. 128–134, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-34-4-132-138, EDN AXYL PX. (In Russ.)
9. Rudoy E.V., Petukhova M.S., Petrov A.F. [et al.], Crop production in Russia 2030: Alternative data of the development scenarios, *Data in Brief*, 2020, Vol. 29, pp. 105077, DOI: 10.1016/j.dib.2019.105077, EDN HFEZUY.
10. *Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij dopushchennyh k ispol'zovaniyu na territorii RF* (State register of selection achievements approved for use on the territory of the Russian Federation), T. 1. Sortarastenij, URL: <https://reestr.gossortrf.ru/>. (In Russ.)
11. Petrov A.F., Makarova K.S., Kolbina O.N. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2024, No. 4(73), pp. 79–84, DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-79-84, EDN JNDHYP. (In Russ.)
12. Yaroslavcev E.I., *Yagodnye kul'tury v nechernozymnoj zone* (Berry crops in the non-chernozem zone), Moscow: Rossel'hozizdat, 1982, 254 p.
13. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
14. *Programno-metodicheskie ukazaniya po agrotekhnicheskim opytam s plodovymi i yagodnymi kul'turami* (Program and methodological guidelines for agrotechnical experiments with fruit and berry crops), Pod red. N.D. Spivakovskogo, Michurinsk, 1972, 184 p.
15. Zaika A.S., Antipenko M.I., Blednyh O.V., *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2024, T. 76, pp. 39–51, DOI: 10.31676/2073-4948-2024-76-39-51, EDN HZH KCE. (In Russ.)

Информация об авторах:

К.С. Макарова, аспирант

А.Ф. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Ю.А. Семенюк, студент

Contribution of the authors:

K.S. Makarova, post-graduate student

A.F. Petrov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Yu.A. Semenyuk, student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЛИЯНИЕ УСКОРЕННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 1 МЭВ НА РОСТ ПАТОГЕНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

¹А.А. Малюга, ¹Н.С. Чуликова, ^{2,3}У.А. Близнюк, ^{2,3}А.П. Черняев, ^{2,3,4}П.Ю. Борщеговская, ³Д.С. Юров, ^{2,3}Я.В. Зубрицкая, ³В.С. Ипатова, ²П.А. Шимко, ^{4,5}И.А. Родин

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

⁴Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Для цитирования: Влияние ускоренных электронов с энергией 1 МэВ на рост патогенов сельскохозяйственных растений / А.А. Малюга, Н.С. Чуликова, У.А. Близнюк, А.П. Черняев, П.Ю. Борщеговская, Д.С. Юров, Я.В. Зубрицкая, В.С. Ипатова, П.А. Шимко, И.А. Родин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 47–58. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-47-58.

Ключевые слова: мицелий, патогенные грибы, диаметр колоний, радиационная обработка, ускоренные электроны, защита растений.

Реферат. Показано, что на третьи сутки после посева на питательную среду высечек из прошедшего облучение низкоэнергетическими ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ в диапазоне доз от 100 Гр до 10 000 Гр мицелиального мата грибов родов *Fusarium* и *Alternaria* наибольшее подавление роста большинства их штаммов наблюдали при облучении дозами от 5 000 Гр и выше. В среднем по дозе наименьший рост грибов отмечен при облучении дозой 5 000 Гр. В этом случае средний диаметр колоний у изученных штаммов составлял 9,7 мм, что на 74,6 % меньше, чем в контрольных образцах. Показано, что обработка пучком электронов привела к снижению диаметральной скорости роста для семи из двенадцати исследуемых штаммов фитопатогенов. Облучение мицелия грибов различных штаммов в дозах 100, 1 000 и 10 000 Гр подавляло их рост на 4–10, 13–39 и 62–63 % соответственно, в зависимости от вида гриба и его штамма. Для дозовых зависимостей диаметров колоний штаммов Г-4 и К-91 (*Fusarium* spp.), ТАН-1 (*Alternaria* spp.), Т-1 и Т-2 (*B. sorokiniana*) и ШК-25 и ШП-28 (*R. solani*) были получены явные аппроксимирующие сигмоидальные зависимости, свидетельствующие о различной радиочувствительности штаммов фитопатогенных грибов, обусловленной их морфологическими особенностями. Наиболее радиочувствительным показал себя штамм ШК-25 (*R. solani*), ингибирование роста колоний которого наблюдалось при облучении в дозе 1 000 Гр. Наименее радиочувствительными оказались штаммы ТАН-1 (*Alternaria* spp.), S-1 (*S. nodorum*) и К-7.2, К-21 и К-37 – *Fusarium* spp., ингибирование роста которых не наблюдалось даже при облучении в дозах 10 000 Гр.

THE EFFECT OF ACCELERATED ELECTRONS WITH AN ENERGY OF 1 MEV ON THE GROWTH OF AGRICULTURAL PLANT PATHOGENS

¹A.A. Malyuga, ¹N.S. Chulikova, ^{2,3}U.A. Bliznyuk, ^{2,3}A.P. Chernyaev, ^{2,3,4}P.Yu. Borshchegovskaya, ³D.S. Yurov, ^{2,3}Ya.V. Zubritskaya, ³V.S. Ipatova, ²P.A. Shimko, ^{4,5}I.A. Rodin

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

²Department of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³Skobel'syn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

E-mail: anna_malyuga@mail.ru

Keywords: mycelium, pathogenic fungi, colony diameter, radiation treatment, accelerated electrons, plant protection.

*Abstract. It was shown that on the third day after sowing on the nutrient medium of die-cuts from irradiated low-energy accelerated electrons with a maximum energy of 1 MeV in the dose range from 100 Gy to 10000 Gy mycelial mat of fungi of various strains of the genera *Fusarium* and *Alternaria*, the greatest suppression of the growth of most fungi was observed when irradiated at dose from 5000 Gy and above. On average, the smallest growth of fungi was observed at a dose of 5000 Gy. In this case, the average colony diameter of the studied strains was 9.7 mm, which is 74.6% less than in the control samples. It is shown that electron beam treatment led to a decrease in the diametrical growth rate for 7 of the 12 studied strains of phytopathogens. Irradiation of mycelium of fungi of various strains at doses of 100, 1000 and 10000 Gy suppressed their growth by 4-10, 13-39 and 62-63 %, respectively, depending on the type of fungus and its strain. For dose dependences of colony diameters of strains G-4 and K-91 *Fusarium* spp., TAN-1 *Alternaria* spp., T-1 and T-2 *B. sorokiniana* and SHK-25 and SHP-28 *R. solani*, explicit approximating sigmoidal dependences were obtained, indicating different radiosensitivity of strains of phytopathogenic fungi due to their morphological features. The most radiosensitive strain was SHK-25 (*R. solani*), the inhibition of colony growth of which was observed when irradiated at a dose of 1000 Gy. The least radiosensitive strains were TAN-1 (*Alternaria* spp.), S-1 (*S. nodorum*) and K-7.2, K-21 and K-37 – *Fusarium* spp., whose growth inhibition was not observed even when irradiated at doses of 10000 Gy.*

Одной из причин потерь урожая является поражение сельскохозяйственных культур различными видами заболеваний. Широкое распространение имеют такие болезни растений, как септориоз, корневая гниль, фузариоз, альтернариоз у пшеницы и ризоктониоз картофеля. Причиной их возникновения является наличие на семенном материале, растениях или в почве представителей грибов родов *Fusarium* и *Alternaria*, а также таких патогенов, как *Septoria nodorum* (*S. nodorum*), *Bipolaris sorokiniana* (*B. sorokiniana*) и *Rhizoctonia solani* (*R. solani*) [1–14].

Обеспечение экологической безопасности возделывания сельскохозяйственных культур предусматривает проведение защитных мероприятий, не наносящих вреда окружающей среде, с сохранением функций ее саморегулирования и быстрого восстановления [15]. В то время как химические методы защиты оказывают негативное влияние на агроценоз, а механические и биологические методы отличаются высокой трудоемкостью или малой эффективностью, физические методы, такие как применение ультразвука, электромагнитных полей и ионизирующих излучений, позволяют снижать численность вредных организмов в условиях защищенного грунта и проводить дезинсекцию семенного материала, минимизируя негативные последствия для окружающей среды [16–19]. Помимо этого, большой интерес вызывает применение излучения для стимуляции ростовых процессов и повышения устойчивости растений [20–21]. Согласно МАГАТЭ, эффективным физическим методом обработки как материалов, так и биологических объектов является обработка низкоэнергетическими ускоренными электронами и фотонами [22–23], поскольку их источники более безопасны по сравнению с радионуклидными и

имеют регулируемую мощность и более высокую производительность.

В силу разнообразия грибных патогенов и поражаемых ими сельскохозяйственных культур возникает необходимость исследования влияния ионизирующего излучения на чистые культуры фитопатогенов. При этом, с учетом акцента на переход к обработке с использованием ускорителей электронов, особый интерес представляет изучение влияния на грибы радиационной обработки с использованием низкоэнергетических электронов.

Целью исследований являлось изучение влияния различных доз обработки ускоренными электронами с энергией 1 МэВ на рост чистых культур возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, таких как грибы *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp., *Septoria nodorum* (*S. nodorum*), *Bipolaris sorokiniana* (*B. sorokiniana*) и *Rhizoctonia solani* (*R. solani*).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выделение чистых культур грибов

В качестве объектов исследования использовали грибы родов *Fusarium* (штаммы Г-4, К-91, К-7.2, К-21, К-37), *Alternaria* (штаммы Е-1, ТАН-1), а также *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (= *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur) (штаммы Т-1, Т-2), *Septoria nodorum* (Berk.) Berk (= *Leptosphaeria nodorum* E. Muell., = *Phaeosphaeria nodorum* (E. Muell.) Hedjar.) (штамм S-1) и *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn (= *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk.) (штаммы ШК-25, ШП-28), выделенные из пораженных листьев, стеблей и семян сельскохозяйственных растений, собранных в период 2021–2023 гг. в Новосибирской области. В процессе выделения

грибов пораженные части растений тщательно отмывали и обрабатывали 70%-м раствором этилового спирта для стерилизации от поверхностных сапрофитов. Далее стерильным скальпелем на границе здоровой и пораженной растительной ткани вырезали образцы тканей и закладывали на картофельно-декстрозный агар [24] или агар Чапека [24], в зависимости от типа гриба, с добавлением антибиотиков стрептомицина сульфата и хлорамфеникола (левомецитин натрия сукцинат) в концентрации 20 мг/л. Для идентификации родов и видов грибов использовали соответствующие определители [25–28].

Полученные чистые культуры грибов высевали на среду Чапека с добавлением стрептомицина

и хлорамфеникола, помещенную в стерильные пластиковые чашки Петри диаметром 30 мм, и далее инкубировали при температуре 25 °С в течение семи дней для последующего облучения.

Облучение чистых культур грибов ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ

Облучение чистых культур грибов в чашках Петри диаметром 30 мм ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ осуществляли с использованием линейного ускорителя электронов УЭЛР-1-25-Т-001 со средней мощностью пучка 25 кВт, спектр которого представлен на рис. 1.

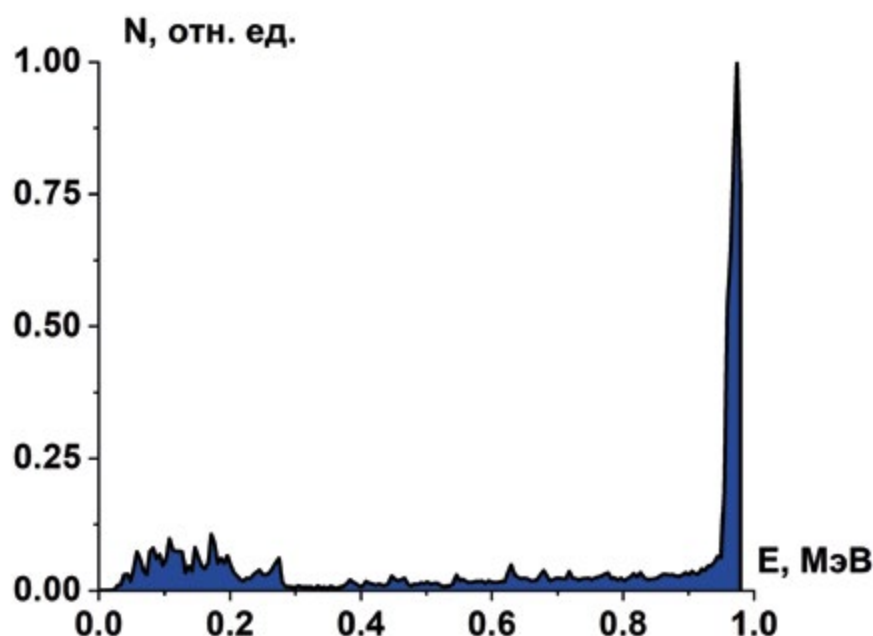


Рис. 1. Спектр линейного ускорителя электронов УЭЛР-1-25-Т-001
Spectrum linear electron accelerator of the WELR-1-25-T001

Для обеспечения равномерного облучения чистых культур фитопатогенов их выкладывали на дюралюминиевую пластину, расположенную на расстоянии 12 см от выхода пучка электронов, и облучали с двух противоположных сторон, по половине дозы облучения с каждой стороны. На рис. 2 представлено рассчитанное с помощью компьютерного моделирования с использованием программного кода Geant 4 [29] трехмерное распределение поглощенной дозы в цилиндре из воды, имитирующем питательную среду с мицелием. В ходе численных экспериментов моделировалось двухстороннее облучение водного фантома электронами, энергетический спектр которых со-

ответствовал спектру, представленному на рис. 1. Из рис. 2 видно, что однородность распределения поглощенной дозы в водном цилиндре, равная отношению максимального значения дозы к ее минимальному значению в объеме цилиндра, составила 0,75, что свидетельствует о высокой степени равномерности облучения электронами образцов мицелия.

Для контроля дозы, поглощенной образцами фитопатогенов, в ходе облучения фиксировали заряд $Q_{\text{эксп}}$, поглощенный частью дюралюминиевой пластины, не занятой образцами грибов, время экспозиции $t_{\text{облуч}}$ и ток пучка электронов I .

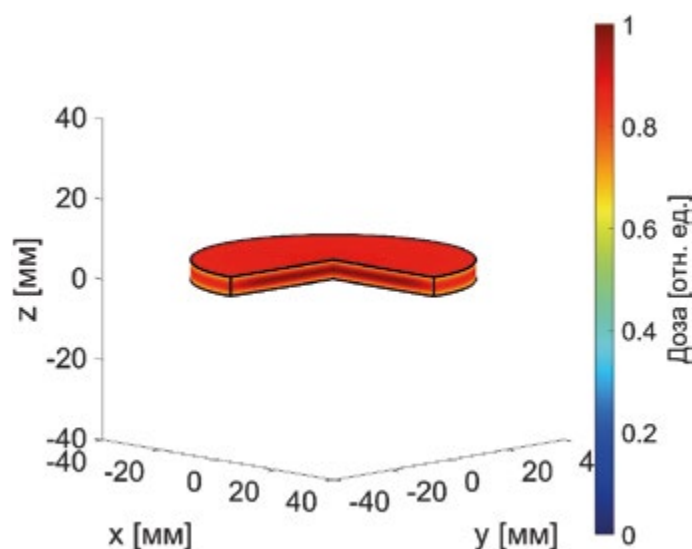


Рис. 2. Карта дозового распределения при облучении образца мицелия ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ

A map of the dose distribution during irradiation of a mycelium sample with accelerated electrons with a maximum energy of 1 MeV

Дозу, поглощенную образцами фитопатогенов, определяли с использованием дозиметрического раствора Фрикке [30], погрешность дозиметрии данного метода составляла 12 %. Облучение дозиметрического раствора объемом 3 мл в чашках Петри диаметром 30 мм проводили в соответствии со схемой облучения чистых культур фитопатогенов, ток пучка при облучении дозиметрического раствора составил 80 нА. Было получено, что мощность дозы, поглощенной дозиметрическим раствором, при облучении пучком электронов при токе пучка 80 нА составила $(0,6 \pm 0,1)$ Гр/с. Дозы, поглощенные образцами фитопатогенов в ходе облучения, рассчитывались,

исходя из предположения о линейном возрастании заряда, поглощенного дюралюминиевой пластиной, от времени облучения образцов, а также о линейном возрастании мощности дозы, поглощенной образцами, с возрастанием тока пучка электронов. Данные о значениях заряда $Q_{\text{эксп}}$, поглощенного дюралюминиевой пластиной, времени экспозиции $t_{\text{облуч}}$, тока пучка электронов I и дозы, поглощенной образцами, представлены в табл. 1. Погрешность определения поглощенной дозы составляла 15 %. Облучение проводилось при температуре 20 °С, необлученные образцы фитопатогенов находились в тех же температурных условиях, что и облучаемые.

Таблица 1

Данные облучения чистых культур грибов в дозах 100–10000 Гр
на линейном ускорителе электронов УЭЛР-1-25-Т-001
Data on irradiation of pure fungal cultures at doses of 100–10,000 Gy
on the UELR-1-25-T-001 linear electron accelerator

Сеанс облучения		$t_{\text{облуч'}}$, с,	$D_{\text{Фрикке}}^{\text{изм}}$ Гр $D_{\text{расч'}}$	$Q_{\text{эксп'}}$, нКл	I , нА
1	1 (доза 1)	77/85	50/50	6575/6555	80
	2 (доза 1)	92/101	50/50	6570/6540	80
2	3 (доза 2)	88/112	500/500	65430/65790	800
	4 (доза 2)	98/110	500/500	65670/65550	800
3	5 (доза 3)	198/210	2500/2500	326700/326060	1800
	6 (доза 3)	190/217	2500/2500	326800/326146	1800
4	7 (доза 4)	129/115	5000/5000	654500/657100	7000
	8 (доза 4)	105/116	5000/5000	653800/654300	7000

Образцы чистых культур фитопатогенов облучались в дозах 100, 1 000, 5 000 и 10 000 Гр для изучения влияния ускоренных электронов на рост двенадцати штаммов грибов различных видов в широком диапазоне доз. Для каждой дозы проводили по 2 сеанса облучения, в ходе которых на дюралюминиевую пластину выкладывали по 6 образцов чистых культур грибов различных штаммов. Всего было проведено 8 сеансов обработки пучком электронов.

Оценка влияния радиационной обработки ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ на чистые культуры грибов

После облучения из мицелиального мата каждого штамма различных видов грибов пробочным сверлом вырезали пять дисков диаметром 5 мм и раскладывали на среду Чапека с добавлением стрептомицина и хлорамфеникола. Далее проводили мониторинг роста грибов путем измерения диаметра колоний на 3, 5 и 7-й день после высева. Температура инкубации составляла 25 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из данных замеров с третьих по седьмые сутки диаметров колоний грибов, выращенных из облученных и необлученных образцов мицелия, можно сказать, что полученные значения различались как для грибов разных штаммов, так и для отдельных штаммов одного вида гриба (табл. 2). Рост мицелия для пяти из рассматриваемых штаммов на седьмые сутки был ограничен размерами чашек Петри. Рост диаметров колоний штамма *Fusarium* spp. – Г-4 и штамма *R. solani*– ШП-28 был значительно замедлен при их облучении дозой 1 000 Гр – диаметры их колоний были отличны от нуля только при замере на пятые сутки после высева.

Анализ динамики роста колоний грибов показал, что зависимости их диаметров от времени, прошедшего после высева на питательную среду, имели линейный вид. На рис. 3 представлены зависимости диаметров колоний штамма К-7.2 гриба рода *Fusarium*, выращенного из облученных различными дозами чистых культур фитопатогена, от времени измерения с третьих по седьмые сутки после посева.

Таблица 2

Влияние различных доз ионизирующего излучения на рост чистых культур грибов возбудителей болезней сельскохозяйственных культур
The effect of different doses of ionizing radiation on the growth of pure cultures of fungi causing diseases of agricultural crops

Вариант	Диаметр колоний грибов, мм												Средние по дозе
	<i>Fusarium</i> spp.					<i>Alternaria</i> spp.		<i>B. sorokiniana</i>		<i>R. solani</i>		<i>S. nodorum</i>	
	Г-4	К-91	К-21	К-7.2	К-37	Е-1	ТАН-1	Т-1	Т-2	ШК-25	ШП-28	С-1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Третьи сутки													
Контроль	33,0	40,3	45,0	32,0	49,3	29,0	28,3	41,0	45,0	16,0	1,6	41,7	34,8
100 Гр	29,3	39,3	40,7	21,3	48,0	28,7	25,7	43,5	43,3	15,7	18,3	22,0	31,3
1000 Гр	0	29,7	34,0	25,7	48,0	27,7	26,3	31,3	31,7	0	0	30,0	23,7
5000 Гр	0	0	0	21,7	45,0	24,3	0	0	0	0	0	25,7	9,7
10000 Гр	0	0	32,5	36,5	48,3	32,7	0	0	0	0	0	25,0	14,6
НСР _{0,5}	1,2	1,1	3,6	3,1	2,9	2,5	1,6	1,7	2,6	0,5	1,3	1,7	
Пятые сутки													
Контроль	55,3	66,7	90,0	54,3	80,0	51,0	45,7	72,3	74,5	25,5	28,0	67,0	59,2
100 Гр	54,7	67,0	80,0	38	80,0	53,8	43,0	69,0	70,7	26,3	29,0	33,0	53,7
1000 Гр	35,0	56,0	90,0	44,5	77,7	46,3	43,3	61,7	51,3	0	6,3	39,0	45,9
5000 Гр	0	0	0	38	71,0	40,7	0	0	0	0	0	33,0	15,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10000 Гр	0	0	76,5	58,5	79,3	52,7	0	0	0	0	0	34,3	25,1
НСР _{0,5}	1,0	2,2	2,0	3,7	2,1	4,0	1,3	1,5	3,4	1,3	2,3	3,7	
Седьмые сутки													
Контроль	78,0	90,0	–	71,7	90,0	62,8	62,7	90,0	90,0	36,7	40,0	90,0	72,9
100 Гр	80,7	90,0	–	57,3	90,0	61,3	58,7	85,0	88,3	35,7	40,0	36,0	70,6
1000 Гр	60,0	83,5	–	62,3	90,0	57,7	60,0	85,0	68,5	0	17,0	45,0	61,3
5000 Гр	0	0	–	58,3	90,0	57,0	0	0	0	0	0	35,7	26,8
10000 Гр	0	0	–	77,5	90,0	63,0	0	0	0	0	0	35,0	29,1
НСР _{0,5}	1,7	1,2	–	4,3	0	3,4	1,3	5,7	2,6	2,5	2,8	4,2	

Для анализа влияния дозы облучения на диаметральную скорость роста фитопатогенов различных штаммов в ходе исследования рассчитывали значения диаметральных скоростей роста колоний грибов, выращенных из облученных в различных дозах образцов мицелия, по углу наклона аппроксимирующих кривых зависимостей

диаметров их колоний от времени наблюдения (см. рис. 3). Приведенная ниже цветовая карта отражает величины полученных значений диаметральной скорости роста фитопатогенов в мм/сутки от дозы облучения чистых культур грибов различных штаммов (рис. 4).

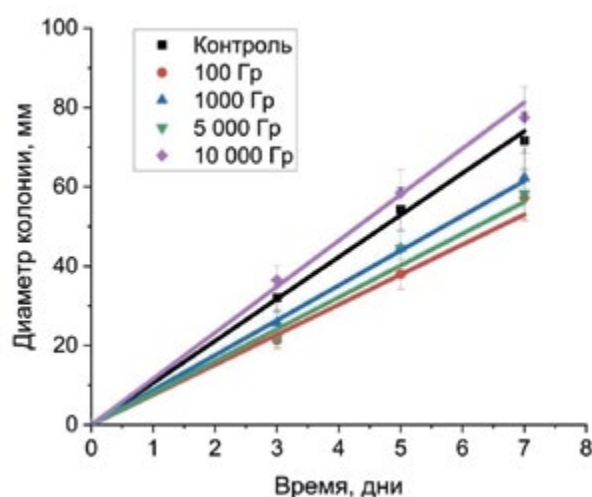


Рис. 3. Аппроксимирующие прямые для зависимостей диаметров колоний от полученной дозы излучения для штамма К-7.2 гриба рода *Fusarium*

Approximating lines for the dependences of colony diameters on the received radiation dose for strain K-7.2 of the fungus of the genus *Fusarium*

Можно отметить, что наибольшее подавляющее воздействие ускоренных электронов в диапазоне доз от 100 Гр до 10 000 Гр было оказано на штамм ШК-25 (*R. solani*), рост которого был ингибирован при облучении в дозах от 1 000 Гр и выше. Облучение дозами 5 000 и 10 000 Гр ингибировало рост штаммов Г-4 и К-91 (*Fusarium* spp.), ТАН-1 (*Alternaria* spp.), а также ШП-28 (*R. solani*) и двух изученных штаммов гриба *B. sorokiniana*. Для штамма К-21 (*Fusarium* spp.), однако, ингибирование роста колоний происходило исключительно при их обработке в дозе 5 000 Гр. Явное снижение диаметральной скорости

роста колоний с увеличением дозы наблюдалось при облучении штамма S-1 (*S. nodorum*). Следует отметить, что облучение пучком электронов в дозах до 10 000 Гр штамма Е-1 (*Alternaria* spp.) и штаммов К-37, К-7.2 (*Fusarium* spp.) в дозах до 10 000 Гр не привело к снижению диаметральной скорости роста колоний культур фитопатогенов. Более того, обработка в дозе 10 000 Гр стимулировала рост штаммов Е-1 и К-7.2 (*Fusarium* spp.) по сравнению с необлученными образцами. Полученные результаты свидетельствуют о различной радиорезистентности грибов не только разных видов, но и различных штаммов.

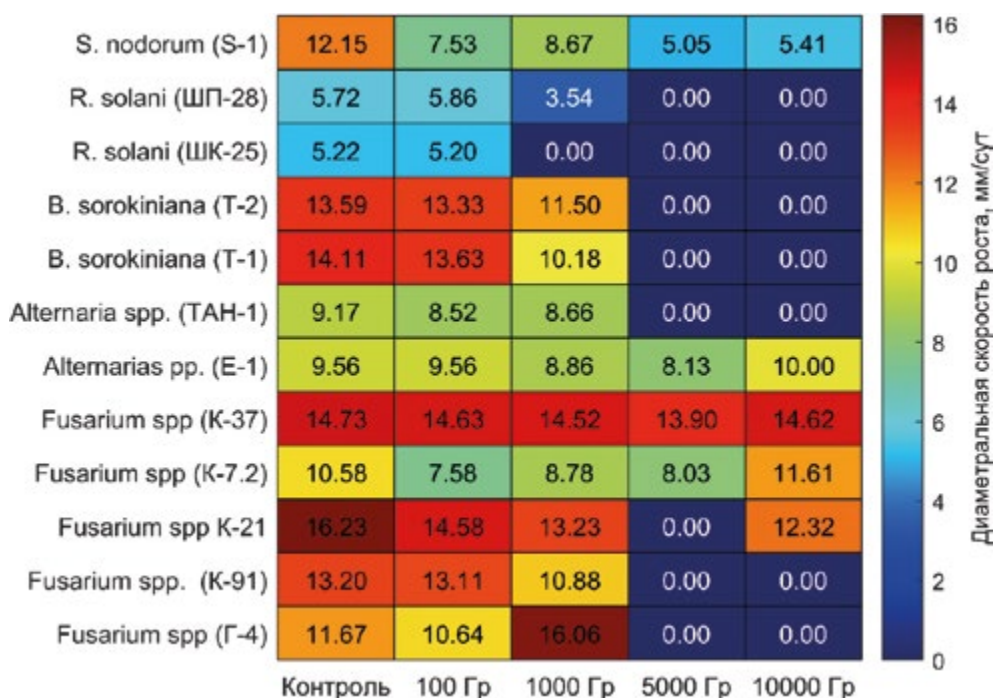


Рис. 4. Показатели диаметральных скоростей роста колоний грибов, выращенных из чистых культур грибов различных штаммов, облученных в различных дозах
Indicators of diametrical growth rates of fungal colonies grown from pure cultures of fungi of various strains irradiated at various doses

Для анализа зависимостей диаметров колоний грибов от дозы облучения, поглощенной чистыми культурами фитопатогенов, были выбраны данные диаметров колоний грибов, зафиксированные на пятый день наблюдений, так как к седьмым суткам дальнейший рост некоторых грибов был ограничен размерами чашек Петри.

В результате анализа данных зависимостей диаметра колоний от дозы облучения было установлено, что дозовые зависимости их диаметров (штаммы Г-4, К-91, ТАН-1, Т-1, Т-2, ШК-25, ШП-28) имеют сигмоидальный характер (рис. 5).

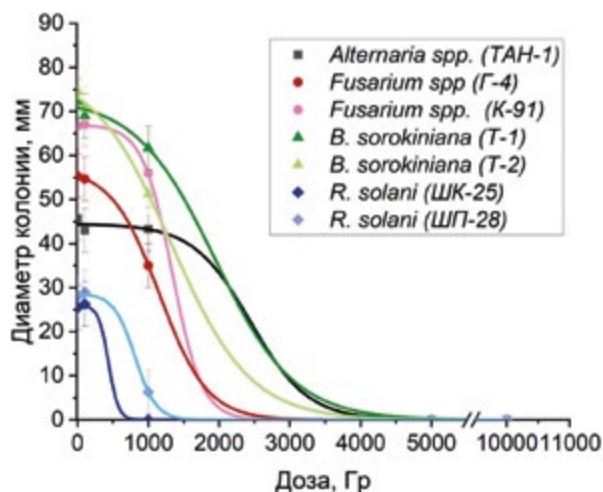


Рис. 5. Дозовые зависимости диаметров колоний грибов от дозы облучения чистых культур фитопатогенов (символы) и соответствующие им зависимости (линии)
Dose dependences of the diameters of fungal colonies on the radiation dose of pure phytopathogen cultures (symbols) and their corresponding dependences (lines)

Сигмоидальный характер зависимостей, представленных на рис. 5, может быть объяснен, исходя из вероятностной модели радиационного поражения клетки [31], согласно которой ингибирование роста отдельно взятой клетки гриба в колонии зависит не только от вероятности поражения ее критических структур, но и от радиочувствительности отдельных клеток мицелиального мата, представляющих собой статистический ансамбль клеток с различной радиорезистентностью. Следует отметить, что неоднородность радиочувствительности клеток гриба проявилась при высокой однородности облучения мицелиального мата, а также при высокой вероятности взаимодействия электронов с клетками культур мицелия, локализованного на поверхности питательной среды в ходе облучения пучком электронов.

Экспериментальные данные зависимостей диаметров колоний от дозы облучения аппроксимировались следующей зависимостью:

$$d(D) = \frac{a}{1 + e^{\frac{1}{\lambda}(D - D_{1/2})}},$$

где d – диаметр колонии; a – максимальное значение величины диаметральной скорости роста колоний; $1/\lambda$ – параметр, характеризующий ширину распределения функции; $D_{1/2}$ – доза, при которой диаметр колоний способных к росту грибов снижается вдвое.

Значения параметров сигмоидальных зависимостей, аппроксимированных по формуле, представлены в табл. 3. Следует отметить, что для штаммов К-7.2, К-21, К-37 (*Fusarium* spp.), штамма Е-1 (*Alternaria* spp.) и штамма S-1 (*S. nodorum*) явных зависимостей диаметров колоний от дозы выявлено не было.

Таблица 3

Значения коэффициентов функций аппроксимирующих сигмоидальных кривых
Values of coefficients of functions approximating sigmoidal curves

Штамм	a , мм	λ , Гр	$D_{1/2}$, Гр	R^2
<i>Fusarium</i> spp (Г-4)	57,124±0,004	338,62± 0,19	1155,32±0,03	1
<i>Fusarium</i> spp. (К-91)	67,0 ± 1,1	210 ± 30	1340±510	0,999
<i>B. sorokiniana</i> (Т-1)	73 ± 4	560 ± 390	1940 ±480	0,999
<i>B. sorokiniana</i> (Т-2)	80 ± 19	560 ± 60	1320±60	0,999
<i>R. solani</i> (ШК-25)	26,0 ± 0,8	70 ± 29	440± 230	0,999
<i>R. solani</i> (ШП-28)	28,7 ± 1,5	150 ± 19	810± 240	0,999
<i>Alternaria</i> spp. (ТАН-1)	44,5 ± 1,2	410 ± 70	2440± 230	0,998

Разницу в радиочувствительности фитопатогенов в зависимости от их морфологии подтверждают и другие научные работы. Так, в работе [32] при облучении ускоренными электронами спор грибов *B. cinerea*, *P. expansum* и *R. stolonifer* наиболее радиорезистентными оказались образцы *B. cinerea*, для полного подавления роста которых потребовалось их облучение в дозе 4 000 Гр, при этом ингибирующая развитие грибов *P. expansum* и *R. stolonifer* доза составила 2 000 Гр. В работе [33] для полного ингибирования роста грибов *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. и *Aspergillus* spp. на семенах кукурузы потребовалось облучение ускоренными электронами с энергией 6 МэВ в

дозах 1 700, 2 500 и 4 800 Гр соответственно. Кривая выживаемости от дозы излучения для указанных грибов также имела сигмоидальный характер.

Анализ литературных данных показал, что воздействие ионизирующим излучением может также оказать стимулирующее влияние на рост грибов. В работе [34] облучение грибов рода *Alternaria* на семенах ясеня обыкновенного (*Fraxinus celsior* L.) в дозе 1 000 Гр увеличило долю зараженных ими семян на 67 %. Группой исследователей из университета Иешивы [35] был обнаружен феномен ускорения метаболизма

ряда микроскопических грибов под действием гамма-излучения за счет активации меланина.

ВЫВОДЫ

1. Радиационная обработка чистых культур грибов патогенов сельскохозяйственных растений ускоренными электронами с максимальной энергией 1 МэВ может как стимулировать, так и полностью подавлять рост мицелия.

2. Общий подавляющий эффект на рост изученных штаммов грибов оказало облучение в дозе 5 000 Гр, что приводило к снижению диаметров колоний на 66–67 % по сравнению с показателями необлученных культур фитопатогенов. Облучение исходного мицелия грибов штаммов в дозах 100, 1 000 и 10 000 Гр подавляло их рост на 4–10, 13–39 и 62–63 % соответственно в зависимости от вида гриба и его штамма.

3. Обработка пучком электронов привела к снижению диаметральной скорости роста для семи из двенадцати исследуемых штаммов фитопатогенов. Для дозовых зависимостей диаметров колоний штаммов Г-4 и К-91 (*Fusarium* spp.), ТАН-1 (*Alternaria* spp.), Т-1 и Т-2 (*B. sorokiniana*) и ШК-25 и ШП-28 (*R. solani*) были получены ап-

проксимирующие сигмоидальные зависимости, свидетельствующие о различной радиочувствительности штаммов фитопатогенных грибов, обусловленной их морфологическими особенностями.

4. Наиболее радиочувствительным показал себя штамм ШК-25 (*R. solani*), ингибирование роста колоний которого наблюдалось при облучении в дозе 1 000 Гр. Наименее радиочувствительными оказались штаммы ТАН-1 (*Alternaria* spp.), S-1 (*S. nodorum*) и К-7.2, К-21 и К-37 – *Fusarium* spp., ингибирование роста которых не наблюдалось даже при облучении в дозах 10 000 Гр.

5. Поскольку современные исследования свидетельствуют о перспективности предпосевной радиационной обработки семенного материала с целью улучшения фитопатогенного состояния семян и повышения их продуктивности, различная радиобиологическая чувствительность грибов различных видов и штаммов, поражающих сельскохозяйственные культуры, должна быть учтена при выборе оптимальных параметров радиационного воздействия при обработке семенного материала сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-63-00075.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тупеневич С.М. Корневая гниль яровой пшеницы в засушливых районах Северного Казахстана и степных районах Западной Сибири // Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними: Мат-лы конф. / Под ред. В.Ф. Пересыпкина. – М.: Колос, 1970. – С. 3–8.
2. Билай В.И. Фузариоз. – Киев: Наукова думка, 1977. – 442 с.
3. Foliar blight of wheat in Nepal: resistance breeding, epidemiology and disease management / D. Bhandari, M.R. Bhatta, E. Duveillier [et al.] // Proceedings of the Fourth International Wheat Tan Spot and Spot Blotch Workshop. July 21–24, 2002.
4. Terentjeva I. Evaluation of genetic resources of wheat and barley from Far East of Russia for resistance to *Fusarium* head blight / T.Y. Gagkaeva, M.M. Levitin, E. Zuev [et al.] // Journal of Applied Genetics 43A. – 2002. – Vol. 22. – P. 9–236.
5. Indefungorum [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.indexfungorum.org/> (дата обращения: 15.09.2023).
6. Заикин Б.А. Борьба с болезнями картофеля требует комплексного подхода // Картофель и овощи. – 2003. – № 3. – С. 25–27.
7. Иванюк В.Г., Александров О.Т. Особенности проявления ризоктониоза картофеля в Белоруссии // Микология и фитопатология. – 2000. – № 34, Т. 5. – С. 51–59.
8. Учебно-методическое пособие по диагностике основных грибных болезней хлебных злаков / Т.И. Ишкова, Л.И. Берестецкая, Е.Л. Гасич [и др.]. – СПб., 2001. – 73 с.
9. Лейченко С.В. Морфолого-культуральные признаки и патогенность *Rhizoctonia solani* Kueh. из различных экологических районов страны // Селекция и семеноводство картофеля. М., 1985. – С. 86–92.
10. Малюга А.А., Коняева Н.М., Енина Н.Н. Система защиты картофеля от болезней и вредителей в Новосибирской области: Практик. руководство. – Новосибирск, 2003. – 140 с.
11. Пересыпкин В.Ф. Атлас болезней полевых культур. – Киев: Урожай, 1981. – 248 с.
12. Санина А.А., Анциферова Л.В. Видовой состав грибов рода *Septoria* Sacc. на пшенице в Европейской части СССР / Микология и фитопатология. – 1991. – Т. 25. – Вып. 3. – С. 250–252.

13. Чумаков А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 127 с.
14. Шпилова Н.П. Видовой состав и биоэкологические особенности возбудителей фузариоза семян зерновых культур: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1994. – 23 с.
15. Санин С.С. Стратегия современной защиты растений при интенсивном зернопроизводстве // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3(66). – С. 35–39.
16. Илларионов А.И. Современные методы защиты растений: учеб. пособие. – Воронеж, 2018. – 307 с.
17. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // Агроинженерия. – 2021. – № 1(101). – С. 26–35.
18. Magnetic field stimulation effect on germination and antioxidant activities of presown hybrid seeds of sunflower and its seedlings / S.A. Bukhari [et al.] // Journal of Food Quality. – 2021. – Vol. 2021, № 1. – P. 5594183. – DOI: 10.1155/2021/5594183.
19. The influence of physical treatments on seed germination and seedling development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) / S.M. Singeorzan [et al.] // Forests. – 2022. – Vol. 13, № 9. – P. 1498. – DOI: 10.3390/813091498.
20. Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants / S.V. Gudkov [et al.] // Journal of environmental radioactivity. – 2019. – Vol. 202. – P. 8–24. – DOI: 10.1016/j.jenvrad.2019.02.001.
21. Volkova P.Y., Bondarenko E.V., Kazakova E.A. Radiation hormesis in plants // Current Opinion in Toxicology. – 2022. – Vol. 30. – P. 100334.
22. Liou J. Streamlining Food Pest Control Through Irradiation. Applications of Accelerators and Other Sources of Ionizing Radiation. May, 2022. – Vol. 63-2. – URL: <https://www.iaea.org/bulletin/streamlining-food-pest-control-through-irradiation>. – (дата обращения: 20.10.2024).
23. Madsen M. Industrial Irradiation for a Better World. Applications of Accelerators and Other Sources of Ionizing Radiation. May, 2022. Vol. 63-2. – URL: <https://www.iaea.org/bulletin/industrial-irradiation-for-a-better-world>. – (дата обращения: 18.01.2024).
24. ГОСТ 12044–93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Издание официальное. Agricultural seeds. Methods for determination of disease infestation. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2011. – С. 162.
25. Пидопличко М.Н. Грибы-паразиты культурных растений: определитель. Т. 3. Пикнидиальные грибы. – Киев: Наукова думка, 1978. – 232 с.
26. Самтон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. – М.: Мир. – 2001. – 486 с.
27. Шпилова Н.П., Иващенко В.Г. Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. – СПб., 2008. – 84 с.
28. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. – СПб., 2011. – 70 с.
29. Geant4 – a simulation toolkit / S. Agostinelli [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2003. – Vol. 506, Issue 3. – P. 250–303.
30. ASTM. Standard practice for using the Fricke reference-standard dosimetry system. – 2006.
31. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения): учеб. для студентов вузов. – М.: Фарматлит, 2024. – 442 с.
32. Effects of ionizing radiation on postharvest fungal pathogens / R.D. Jeong [et al.] // The plant pathology journal. – 2015. – Vol. 31, № 2. – P. 176.
33. Inactivation effect of electron beam irradiation on fungal load of naturally contaminated maize seeds / M.R. Nemțanu [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94, № 13. – P. 2668–2673.
34. Влияние ионизирующего излучения на развитие патогенных грибов рода *Alternaria* на семенах ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior* L.) / А.Н. Раздайковин [и др.] // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. – 2018. – С. 114–117.
35. Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi / E. Dadachova [et al.]. – PLoS One. – 2007. – № 2(5). – e457. – DOI: 10.1371/journal.pone.0000457. – PMID 17520016.

REFERENCES

1. Tupenevich S.M., Kornevye gnili khlebnykh zlakov i mery bor'by s nimi (Root rot of cereals and measures to combat them), Proceedings of the Conference Title, Moscow: Kolos, 1970, pp. 3–8. (In Russ.)
2. Bilai V.I., Fuzarii (Fusarium), Kiev: Naukova dumka, 1977, 442 p.

3. Bhandari D., Bhatta M.R., Duvellier E. [et al.], Foliar blight of wheat in Nepal: resistance breeding, epidemiology and disease management, *Proceedings of the Fourth International Wheat Tan Spot and Spot Blotch Workshop*, July 21–24, 2002.
4. Gagkaeva T.Y., Levitin M.M., Zuev E. [et al.], Terentjeva I. Evaluation of genetic resources of wheat and barley from Far East of Russia for resistance to *Fusarium* head blight, *Journal of Applied Genetics* 43A, 2002, Vol. 22, pp. 9–236.
5. <http://www.indexfungorum.org>
6. Zaikin B.A., *Kartofel' i ovoshchi*, 2003, No. 3. pp. 25–27. (In Russ.)
7. Ivanyuk, V.G., Aleksandrov O.T., *Mikologiya i fitoptologiya*, 2000, No. 34(5), pp. 51–59. (In Russ.)
8. Ishkova T.I., Berestetskaya L.I., Gasich E.L. i dr., *Uchebno-metodicheskoe posobie po diagnostike osnovnykh gribnykh boleznei khlebnnykh zlakov* (Educational and methodological guide for the diagnosis of the main fungal diseases of cereals), Sankt-Peterburg: VIZR, 2001, 73 p.
9. Leichenkova S.V., *Selektsiya i semenovodstvo kartofelya* (Potato breeding and seed production), Moscow, 1985, pp. 86–92.
10. Malyuga A.A., Konyaeva N.M., Enina N.N., *Sistema zashchity kartofelya ot boleznei i vrediteli v Novosibirskoi oblasti* (Potato protection system against diseases and pests in the Novosibirsk region), Novosibirsk, 2003, 140 p.
11. Peresypkin V.F., *Atlas boleznei polevykh kul'tur* (Atlas of diseases of field crops), Kiev: Urozhai, 1981, 248 p.
12. Sanina A.A., Antsiferova L.V., *Mikologiya i fitopatologiya*, 1991, Vol. 25, No. 3, pp. 250–252. (In Russ.)
13. Chumakov A.E., Zakharova T.I., *Vredonosnost' boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (The harmfulness of diseases of agricultural crops), Moscow: Agropromizdat, 1990, 127 p.
14. Shipilova N.P., *Vidovoi sostav i bioekologicheskie osobennosti vzbuditelei fuzarioza semyan zernovykh kul'tur* (Species composition and bioecological features of the causative agents of fusarium of grain seeds), Abstract of candidate's dissertation, Sankt-Peterburg, 1994, 23 p.
15. Sanin S.S., *Vestnik OrelGAU*, 2017, No. 3(66), pp. 35–39. (In Russ.)
16. Illarionov A.I., *Sovremennye metody zashchity rastenii* (Modern methods of plant protection), Voronezh, 2018, 307 p.
17. Dorokhov A.S., Starostin I.A., Eshchin A.V., *Agroinzhenneriya*, 2021, No. 1(101), pp. 26–35. (In Russ.)
18. Bukhari S.A. [et al.], Magnetic field stimulation effect on germination and antioxidant activities of presown hybrid seeds of sunflower and its seedlings, *Journal of Food Quality*, 2021, Vol. 2021, No. 1, pp. 5594183, DOI: 10.1155/2021/5594183.
19. Singeorzan S.M. [et al.], The influence of physical treatments on seed germination and seedling development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), *Forests*, 2022, Vol. 13, No. 9, pp. 1498, DOI: 10.3390/813091498.
20. Gudkov S.V. [et al.], Effect of ionizing radiation on physiological and molecular processes in plants, *Journal of environmental radioactivity*, 2019, Vol. 202, pp. 8–24, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2019.02.001.
21. Volkova P.Y., Bondarenko E.V., Kazakova E.A., Radiation hormesis in plants, *Current Opinion in Toxicology*, 2022, Vol. 30, pp. 100334.
22. Liou J., *Streamlining Food Pest Control Through Irradiation. Applications of Accelerators and Other Sources of Ionizing Radiation*, May, 2022, Vol. 63, <https://www.iaea.org/bulletin/streamlining-food-pest-control-through-irradiation>.
23. Madsen M., *Industrial Irradiation for a Better World. Applications of Accelerators and Other Sources of Ionizing Radiation*, May, 2022, Vol. 63–2, <https://www.iaea.org/bulletin/industrial-irradiation-for-a-better-world>.
24. GOST 12044-93, *Semena sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami. Izdanie ofitsial'noe. Agricultural seeds. Methods for determination of disease infestation* (Seeds of agricultural crops. Methods for determining disease infection. The publication is official. Agricultural seeds. Methods for determining disease infection), Moscow: STANDARTINFORM, 2011, 162 p. (In Russ.)
25. Pidoplichko M.N., *Griby-parazity kul'turnykh rastenii: opredelitel'. T. 3. Pknidial'nye griby* (Fungi-parasites of cultivated plants: determinant. Vol. 3. Pycnidial fungi), Kiev: Naukova dumka, 1978, 232 p.
26. Satton D., Fotergill A., Rinal'di M., *Opredelitel' patogennykh i uslovno patogennykh gribov* (Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi), Moscow: Mir, 2001, 486 p.
27. Shipilova N.P., Ivashchenko V.G., *Sistematika i diagnostika gribov roda Fusarium na zernovykh kul'turakh* (Systematics and diagnostics of fungi of the genus *Fusarium* on grain crops), Sankt-Peterburg, 2008, 84 p.
28. Gannibal F.B., *Monitoring al'ternariozov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i identifikatsiya gribov roda Alternaria* (Monitoring of crop alternarioses and identification of fungi of the genus *Alternaria*), Sankt-Peterburg, 2011, 70 p.
29. Agostinelli S. [et al.], Geant4 – a simulation toolkit, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2003, Vol. 506, No. 3, pp. 250–303.
30. ASTM. *Standard practice for using the Fricke reference-standard dosimetry system*, 2006.
31. Kudryashov Yu.B., *Radiatsionnaya biofizika (ioniziruyushchie izlucheniya)* (Radiation biophysics (ionizing radiation)), Moscow: Farmatlit, 2004, 412 p.

32. Jeong R.D. [et al.], Effects of ionizing radiation on postharvest fungal pathogens, *The plant pathology journal*, 2015, Vol. 31, No. 2, pp. 176.
33. Nemțanu M.R. [et al.], Inactivation effect of electron beam irradiation on fungal load of naturally contaminated maize seeds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, Vol. 94, No. 13, pp. 2668–2673.
34. Razdaivodin A.N. i dr., *Radiatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaistve i pishchevoi promyshlennosti: sostoyanie i perspektivy* (Radiation technologies in agriculture and food industry: state and prospects), 2018, pp. 114–117.
35. Dadachova E. [et al.], Ionizing radiation changes the electronic properties of melanin and enhances the growth of melanized fungi, *PLoS One*, 2007, No. 2(5), e457, DOI: 10.1371/journal.pone.0000457, PMID 17520016.

Информация об авторах:

А.А. Мalyуга, доктор сельскохозяйственных наук,
 Н.С. Чуликова, кандидат сельскохозяйственных наук
 У.А. Близняк, доктор физико-математических наук
 А.П. Черняев, доктор физико-математических наук
 П.Ю. Борщеговская, кандидат физико-математических наук
 Д.С. Юров, кандидат физико-математических наук
 Я.В. Зубрицкая, программист 1 категории
 В.С. Ипатова, младший научный сотрудник
 П.А. Шимко, студент
 И.А. Родин, доктор химических наук

Contribution of the authors:

A.A. Malyuga, Doctor of Agricultural Sciences
 N.S. Chulikova, PhD in Agricultural Sciences
 Bliznyuk U.A., Doctor of Physics and Mathematics
 A.P. Chernyaev, Doctor of Physics and Mathematics
 P.Yu. Borshchegovskaya, PhD in Physics and Mathematics
 D.S. Yurov, PhD in Physics and Mathematics
 Ya.V. Zubritskaya, 1st category programmer
 V.S. Ipatova, junior research fellow
 P.A. Shimko, student
 Rodin I.A., Doctor of Chemistry

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОЦЕНКА ВАРИИРОВАНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯГОД И ПЛОДОВЫХ КИСТЕЙ СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Н.А. Мистратова, В.Л. Бопп

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

E-mail: mistratova@mail.ru

Для цитирования: Мистратова Н.А., Бопп В.Л. Оценка варьирования морфометрических параметров ягод и плодовых кистей смородины красной в условиях Красноярской лесостепи // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 59–67. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-59-67.

Ключевые слова: смородина красная, сорт, ягоды, морфометрические параметры, длина кисти, масса ягоды, Красноярская лесостепь.

Реферат. Цель работы – провести оценку морфометрических параметров ягод и кистей, массы ягоды у сортов смородины красной селекции ВНИИСПК в условиях лесостепной зоны Красноярского края для выделения лучших генотипов по изучаемым признакам. Объекты исследований – сорта смородины красной Ася, Дана и Баяна, созданные во ВНИИСПК; контроль – Красная Андрейченко – наиболее распространенный сорт в регионе. Исследования проведены в 2022–2023 гг. в ООО «Садовый центр Аграрного университета». Погодные условия вегетационных периодов характеризовались как теплые и засушливые. Температура воздуха превышала климатическую норму в 2022 г. на 0,3 °C, в 2023 г. – на 1,4 °C; выпало атмосферных осадков от нормы в 2022 г. 75,7 %, в 2023 г. – 70,8 %. Дефицит осадков был сбалансирован компенсационными поливами насаждений культуры. Установлено, что у всех изучаемых сортов длина плодовой кисти находится в пределах одной градации оценочной шкалы (6–8 см) – короткая кисть. При этом у сортов Дана и Баяна размеры кисти достоверно превосходят параметры контрольного сорта на 9,8 и 21,3 % соответственно. У сортов Ася и Баяна количество ягод в кисти в 1,5 раза больше по сравнению с контрольным сортом. Изменчивость признака «количество ягод в кисти» варьирует от средних до значительных величин. По средней массе ягоды исследуемые сорта не имели статистически значимых различий. Отмечена сильная прямая корреляция между количеством ягод в кисти и ее длиной ($r = 0,89$) и между диаметром ягоды и ее высотой ($r = 0,874$).

ASSESSMENT OF VARIATION OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF RED CURRANT BERRIES AND FRUIT BRUSHES IN THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

N.A. Mistratova, V.L. Bopp

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: mistratova@mail.ru

Keywords: red currant, variety, berries, morphometric parameters, brush length, berry weight, Krasnoyarsk forest-steppe.

Abstract. The aim of the work is to evaluate the morphometric parameters of berries and brushes, berry weight in red currant varieties bred by VNIISPК in the forest-steppe zone of Krasnoyarsk Krai in order to identify the best genotypes according to the studied traits. The objects of research are the red currant varieties Asya, Dana and Bayana, created in VNIISPК; control – Krasnaya Andreychenko - the most common variety in the region. The studies were carried out in 2022–2023 at the Garden Center of the Agrarian University, LLC. The weather conditions of the growing seasons were characterized as warm and dry. The air temperature exceeded the climatic norm in 2022 by 0.3 °C, in 2023 – by 1.4 °C; The amount of precipitation in 2022 was 75.7 % of the norm, in 2023 – 70.8 %. The precipitation deficit was balanced by compensatory irrigation of crop plantings. It was found that in all the studied varieties, the length of the fruit cluster is within one gradation of the assessment scale (6–8 cm) – a short cluster. At the same time, in the Dana and Bayana varieties, the cluster size significantly exceeds the parameters of the control variety by 9.8 and 21.3 %, respectively. In the Asya and Bayana varieties, the number of berries in a cluster is 1.5 times greater compared to the control variety. The variability of the “number of berries in

a cluster" trait varies from medium to significant values. In terms of average berry weight, the studied varieties did not have statistically significant differences. A strong direct correlation was noted between the number of berries in a cluster and its length ($r = 0.89$) and between the berry diameter and its height ($r = 0.874$).

Красная смородина (*Ribes rubrum* L.) относится к числу наиболее адаптированных ягодных культур для возделывания в Восточной Сибири. Она характеризуется устойчивостью к стресс-факторам зимнего периода, к весенним заморозкам, к недостатку влаги [1], а также к наиболее опасным вредителям и болезням, таким как почковый клещ, махровость, американская мучнистая роса и т.д. [2]. Имеет высокий коэффициент размножения [3]. При благоприятных условиях красная смородина вступает в плодоношение на третий год после посадки и успешно плодоносит в течение 20 лет и более, формируя урожайность, превосходящую другие ягодные культивары: малину, смородину черную, землянику и крыжовник [4]. Богатый биохимический состав ягод и их технологические качества позволяют относить культуру к ценным продуктам питания [5–8].

Однако в промышленном и любительском садоводстве Сибирского федерального округа насаждения смородины красной занимают всего около 5 % площади ягодных растений [9]. Как отмечают В.Н. Сорокопудов и другие исследователи [10], основным средством в производстве ягодной продукции является сорт. Отметим, что культура имеет ограниченный сортимент. Государственный реестр селекционных достижений РФ по состоянию на 2024 г. допускает к использованию всего 45 сортов смородины красной и 10 сортов смородины белой, в том числе для Восточно-Сибирского региона 8 сортов смородины красной и 3 сорта смородины белой. Небольшой выбор сортов, мелкоплодность и некоторые другие недостатки культуры препятствуют более широкому ее внедрению в садоводство региона.

Всероссийским НИИ селекции плодовых культур – ведущим отечественным центром селекции смородины красной – получен ряд высокопродуктивных сортов различных направлений использования. Изучение и отбор новых сортов смородины красной с повышенными хозяйственно полезными свойствами в условиях резко континентального климата Сибири будет содействовать, с одной стороны, более широкому внедрению ценной культуры в садоводство региона и, с другой стороны, позволит использовать лучшие генотипы как источники ценных признаков для привлечения в местную селекцию.

Важными показателями агробиологической оценки сортов смородины красной является длина плодовой кисти и величина ягод, что определяет не только продуктивность садового агроценоза, но и конкурентоспособность продукции на потребительском рынке.

Цель работы – провести оценку морфометрических параметров ягод и кистей, массы ягоды у сортов смородины красной селекции ВНИИСПК в условиях лесостепной зоны Красноярского края для выделения лучших генотипов по изучаемым признакам.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению морфометрии ягод и плодовых кистей смородины красной осуществляли на коллекционном участке ООО «Садовый центр аграрного университета», расположенном в лесостепной зоне Красноярского края, в 2022–2023 гг. на растениях 2019 г. посадки. Повторность опыта трехкратная. Размещение делянок системное. Схема посадки растений 3×1 м.

Объекты исследований – сорта смородины красной селекции ВНИИСПК: Ася, Баяна и Дана. Они характеризуются как высокоурожайные, зимостойкие, устойчивые к возбудителям заболеваний. Ягоды среднего размера, с тонкой кожицей, универсального назначения использования. У сорта Ася ягоды красного цвета, у Баяны – белого, у Даны – светло-красные [11]. Стандартом служил сорт Красная Андрейченко как наиболее распространенный в садах Красноярья.

Учеты длины плодовых кистей сортов смородины красной и массы ягод проводили по методике О.Д. Голяевой и др. [12] по 5-балльной шкале. Длину кисти определяли в соответствии со следующей градацией: 1 – очень короткая (до 5 см, 7–8 ягод); 2 – короткая (6–8 см, 9–10 ягод); 3 – средняя (9–10 см, 11–14 ягод); 4 – длинная (10–12 см, 15–20 ягод); 5 – очень длинная (более 12 см, более 20 ягод). Для оценки массы ягод взвешивали 100 шт. ягод в период созревания, полученное значение пересчитывали на средний вес 1-й ягоды: 1 – очень низкая (менее 0,25 г); 2 – низкая (0,26–0,45 г); 3 – средняя (0,46–0,65 г); 4 – высокая (0,66–0,85 г); 5 – очень высокая (более 0,85 г). Линейные размеры ягод замеряли

штангенциркулем цифровым электронным Strong СТИ-62000150.

Математическая обработка результатов исследований выполнена с использованием компьютерной программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обеспеченность растений смородины красной гидротермическими ресурсами за период исследований представлена на рис. 1 и 2. Среднесуточная температура воздуха за вегетационные сезоны при среднемноголетнем показателе 14,3 °С составила в 2022 г. 14,6 °С, превысив норматив на 0,3 °С, а в 2023 г. – 15,7 °С, выше многолетних значений на 1,4 °С. В 2022 г. температура в мае, июне и сентябре была выше нормативных величин, июль и август были холоднее, чем обычно. В 2023 г. с июня по сентябрь наблюдалось существенное превышение температура воздуха по отношению к климатической норме.

Условия вегетации периодов проведения исследований характеризовались дефицитом влаги. Климатическая норма выпадения осадков с мая по сентябрь составляет 308 мм. В 2022 г. фактически за сезон в 2022 г. выпало 233,3 мм осадков (75,7 % от нормы), при этом наблюдается неравномерное распределение атмосферной влаги по месяцам наблюдений: в мае, июле и августе недобор влаги по отношению к среднемноголетним величинам составил 58,9, 21,0 и 58,6 % соответственно; в июне осадков выпало больше нормы на 5,4 %, в сентябре – на 17,5 %. В 2023 г. в течение всего вегетационного периода количество выпавших осадков было существенно ниже среднемноголетних значений – 218 мм (70,8 % от нормы); особенно засушливым оказался июнь и август, когда на фоне превышения температуры воздуха по отношению к среднемноголетнему показателю, осадков выпало 67,8 и 53,9 % от нормы. Дефицит атмосферных осадков был сбалансирован компенсационными поливами посадок смородины красной.

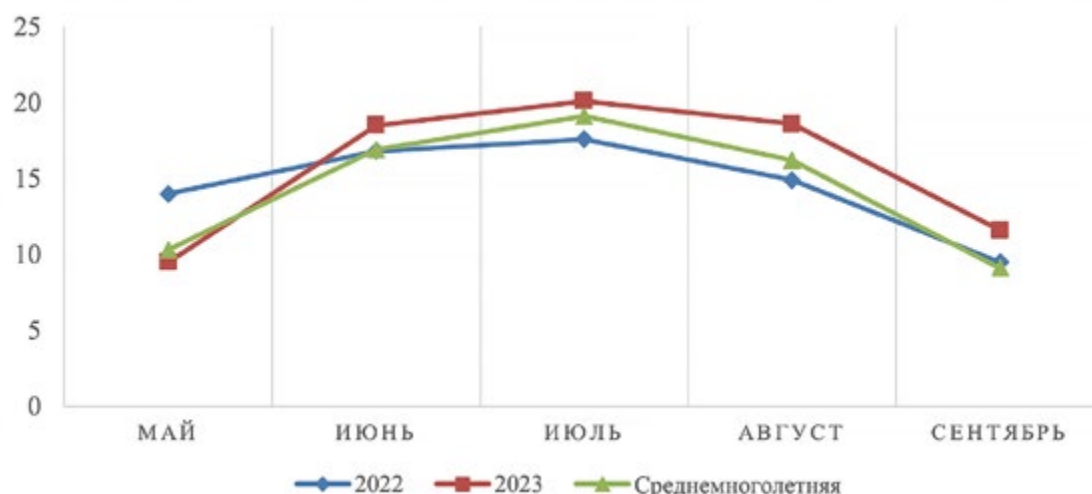


Рис. 1. Распределение среднесуточных температур, °С за вегетационные периоды 2022–2023 гг. (АМС «Красноярское опытное поле»)

Distribution of average daily temperatures, °C for the growing seasons of 2022–2023 (AMS “Krasnoyarsk experimental field”)

Для смородины красной одним из важных и привлекательных характеристик сорта являются размеры кисти и количество ягод в кисти, которые позиционируются как резерв продуктивности культуры [13]. В среднем за период наблюдений длина кисти всех изучаемых сортов в соответствии с принятой классификацией была короткой (табл. 1, рис. 3) – 2 балла. Наиболее короткая плодовая кисть отмечена у контрольного

сорта Красная Андрейченко – 6,1 см. На этом же уровне зафиксирована длина кисти и у сорта Ася – 6,2 см. Достоверно больше размеры кисти у сортов Дана – 6,7 см и Баяна – 7,4 см ($НСР_{05} = 0,4$). Лидирующие позиции сортов Дана и Баяна обусловлены их генотипическими особенностями, сорта получены с участием сорта смородины красной Роте Шпетлезе, являющегося донором длиннокистности [14, 15].

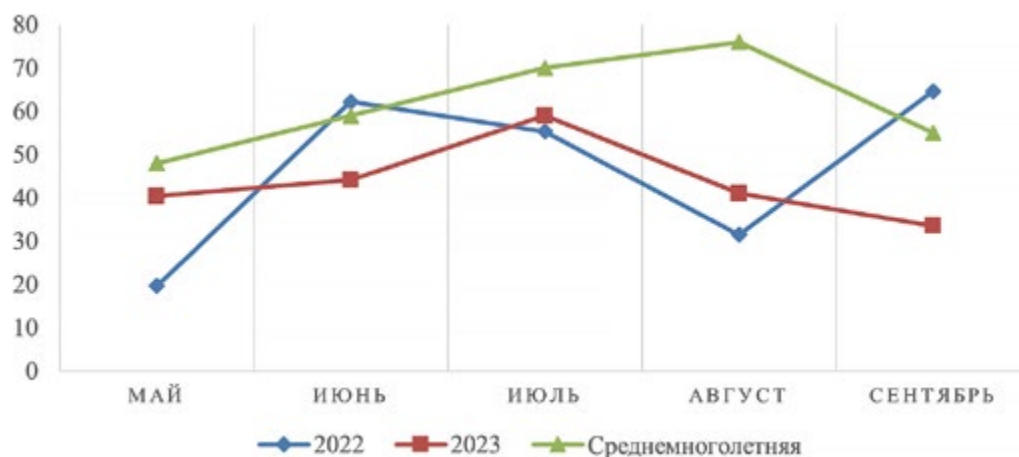


Рис. 2. Распределение осадков, мм, за вегетационные периоды 2022–2023 гг.
(АМС «Красноярское опытное поле»)

Distribution of precipitation, mm for the growing seasons of 2022–2023
(AMS “Krasnoyarsk experimental field”)

Таблица 1

Статистические показатели морфометрических параметров ягод и кистей смородины красной
(среднее за 2022–2023 гг.)

Сорт	Хср	lim	C _v , %
<i>Длина плодовой кисти, см</i>			
Красная Андрейченко (контроль)	6,1±0,4	5,0–7,0	8
Дана	6,7±0,3	6,0–7,2	6
Ася	6,2±0,6	5,3–8,0	14
Баяна	7,4±0,3	6,8–8,0	6
НСР ₀₅ фактора «условия вегетации» – 0,3; фактора «сорт» – 0,4			
<i>Количество ягод в кисти, шт.</i>			
Красная Андрейченко (контроль)	7,6±1,5	5,0–10,0	29
Дана	11,5±0,9	9,0–14,0	11
Ася	7,6±0,8	6,0–8,8	16
Баяна	11,7±1,2	10,0–15,0	15
НСР ₀₅ фактора «условия вегетации» – F _ф < F _т ; фактора «сорт» – 1,8			
<i>Высота ягоды, см</i>			
Красная Андрейченко (контроль)	0,91±0,05	0,83–1,00	8
Дана	0,82±0,02	0,78–0,86	3
Ася	0,89±0,04	0,81–0,98	7
Баяна	0,89±0,07	0,79–1,00	10
НСР ₀₅ фактора «условия вегетации» – 0,02; фактора «сорт» – 0,03			
<i>Диаметр ягоды, см</i>			
Красная Андрейченко (контроль)	0,91±0,08	0,80–1,10	12
Дана	0,82±0,02	0,78–0,86	3
Ася	0,92±0,03	0,88–1,00	5
Баяна	0,95±0,03	0,89–1,00	5
НСР ₀₅ фактора «условия вегетации» – 0,03; фактора «сорт» – 0,04			

Примечание. Хср – среднее арифметическое, lim – предельные значения, C_v – коэффициент варьирования.

Несмотря на то, что размеры кистей у всех экспериментальных сортов находятся в пределах одной градации оценочной шкалы (6–8 см), параметры кисти у сортов Красная Андрейченко и Ася находятся в состоянии, близком к минимальному значению показателя в данной группе, и, наоборот, величина изучаемого признака у сорта Баяна приближена к максимальному значению показателя.

Рассматривая предельные значения (lim) длины кисти по исследуемым сортам, отметим, что наименьшие размеры данного образования у сорта Красная Андрейченко составили 5,0 см, у сорта

Ася – 5,3 см; наибольшие – 7,0 см и 8,0 см соответственно, что говорит о том, что растения данных сортов формируют очень короткие и короткие кисти, занимая две позиции шкалы – 1 и 2 балла. У сорта Баяна изменчивость признака лежит в пределах 6,8–8,0 см, что подчеркивает нахождение величины параметра в одной категории оценочной шкалы: короткие кисти. Вариабельность показателя «длина кисти» у сортов Красная Андрейченко, Дана и Баяна незначительная ($C_v = 6-8\%$), у сорта Ася – средняя ($C_v = 14\%$).



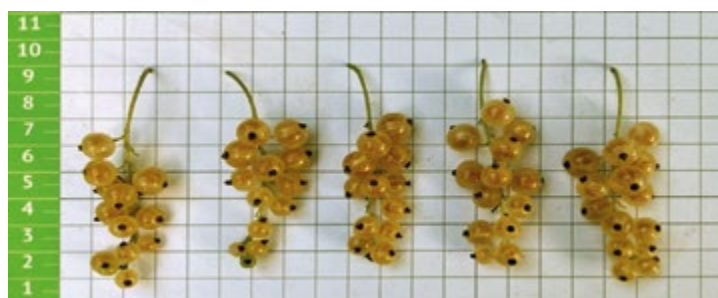
КРАСНАЯ АНДРЕЙЧЕНКО (контроль)



ДАНА



АСЯ



БАЯНА

Рис. 3. Внешний вид кистей и ягод смородины красной по сортам, 2023 г.

Appearance of red currant bunches and berries by variety, 2023

Длина плодовой кисти – генетически закрепленный признак, тем не менее внешние условия оказывают на него определенное воздействие. У сортов Ася и Баяна размеры кистей в 2023 г. достоверно больше по сравнению с 2022 г. Эти результаты коррелируются с материалами исследований Л.А. Тохтаря и др. [13].

Меньше всего ягод в кисти насчитывалось у сортов Красная Андрейченко и Ася – по 7,6 шт. У сортов Дана и Баяна ягод в кисти 1,5 раза больше по отношению к контролю, преимущество подтверждено статистически. Наибольший размах показателя – 5 шт. ягод в кисти – отмечен у основного количества сортов: Красная Андрейченко, Дана и Баяна. Признак неоднородный, у сортов селекции ВНИИСПК коэффициент вариации средний ($C_v = 11–16\%$), у контрольного сорта – значительный ($C_v = 29\%$). Условия вегетации не оказали достоверного влияния на формирование количества ягод на плодовой кисти ($F_{\phi} < F_r$).

Высота и диаметр ягод у контрольного сорта Красная Андрейченко и Дана имеют одина-

ковые линейные размеры по 0,91 см и 0,82 см соответственно, что характеризует форму ягод перечисленных сортов как округлую. У сортов Ася и Баяна диаметр ягоды несколько больше, чем высота (на 0,03 см и 0,06 см соответственно), что говорит о плоско-округлой форме ягод.

Меньшая высота ягод зафиксирована у сорта Дана – 0,82 см, что статистически значимо уступает показателю контрольного сорта – 0,91 см ($HCP_{05} = 0,03$). Различия по высоте ягоды между другими сортами статистически не подтверждены. Признак «высота ягоды» достаточно стабильный, его изменчивость незначительная, от $C_v = 3\%$ у сорта Дана, до $C_v = 10\%$ у сорта Баяна.

По сравнению с контрольным сортом Красная Андрейченко диаметр ягоды у сорта Дана достоверно меньше на 0,09 см, у сорта Баяна – больше на 0,04 см. Вариабельность признака «диаметр ягоды» у сортов Дана, Ася, Баяна незначительная ($C_v = 3–5\%$), у сорта Красная Андрейченко средняя ($C_v = 12\%$).

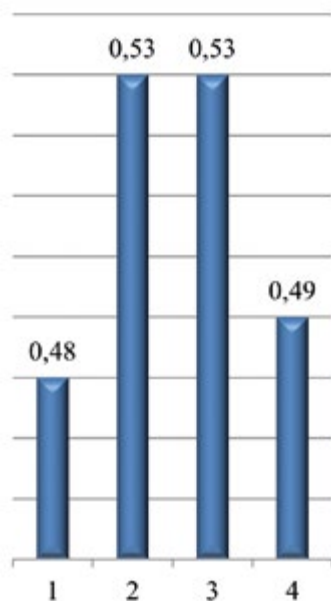


Рис. 4. Средняя масса ягоды, г, в 2022–2023 гг.: 1 – Красная Андрейченко, 2 – Дана, 3 – Ася, 4 – Баяна,

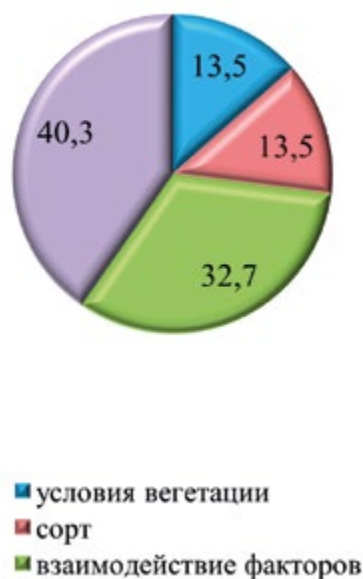


Рис. 5. Вклад факторов в формирование массы ягоды

HCP_{05} фактора «условия вегетации» – $F_{\phi} < F_r$, фактора «сорт» – $F_{\phi} < F_r$

Известно, что крупноплодность ягод определяется их массой. Средняя масса ягод за период наблюдений у изучаемых сортов варьировала от 0,48 г (контрольный сорт Красная Андрейченко) до 0,53 г (сорта Дана и Ася) (рис. 4). В соответствии с градацией оценочной шкалы масса ягод всех сортов относится к группе средних (0,46–0,65

г) и оцениваются в 3 балла. Различия между сортами не имеют статистического подтверждения ($HCP_{05} = F_{\phi} < F_r$). В модели сорта смородины красной, разработанной сибирскими селекционерами, средняя масса новых сортов, созданных к 2030 г., должна составлять 0,8 г [16]. В исследованиях группы ученых, изучавших 29 сортов смородины

красной в течение 5 лет в условиях Белгородской области, средняя масса ягоды находилась в пределах 0,45 г, максимальная – 0,69 г [13]. Вероятно, основная масса современных сортов смородины красной имеет средние по величине ягоды. В связи с этим селекционерам предстоит еще много работы по созданию более крупноплодных сортов культуры.

Оценка вклада факторов в формирование массы ягод показала, что в основном на этот процесс оказали воздействие случайные неизученные факторы, доля влияния которых несколько превысила 40 % (рис. 5). Условия вегетации и

биологические особенности сорта оказывают влияние в пределах 13,5 %. Более значим вклад взаимодействия факторов «условия вегетации» и «сорт» – 32,7 %.

Установлена тесная прямая корреляция между количеством ягод в кисти и ее длиной ($r = 0,89$) и между диаметром ягоды и ее высотой ($r = 0,874$) (табл. 2). Анализ коэффициентов корреляции показал наличие средней отрицательной зависимости между массой ягод и ее линейными размерами: $r = -0,566$ (диаметр ягоды), $r = -0,682$ (высота ягоды).

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции морфометрических параметров ягоды и плодовых кистей, массы ягод смородины красной ($n = 500$; $R_{05} = 0,088$)

Matrix of paired correlation coefficients of morphometric parameters of berries and fruit clusters, weight of red currant berries ($n = 500$; $R_{05} = 0,088$)

Показатель	Длина плодовой кисти, см	Кол-во ягод в кисти, шт.	Высота ягоды, см	Диаметр ягоды, см	Масса ягоды, г
Длина плодовой кисти, см	1				
Количество ягод в кисти, шт.	0,890*	1			
Высота ягоды, см	-0,241	-0,632	1		
Диаметр ягоды, см	0,190	-0,275	0,874*	1	
Масса ягоды, г	-0,149	0,087	-0,682	-0,566	1

Коэффициент детерминации R^2 определил долю, %, изменений количества ягод в кисти в зависимости от размеров ее длины (рис. 6). Уве-

личение количества ягод на плодовой кисти на 97,1 % зависит от длиннокистности сорта.

Регрессионная связь между диаметром и высотой ягод сильная и составляет 95,8 % (рис. 7).

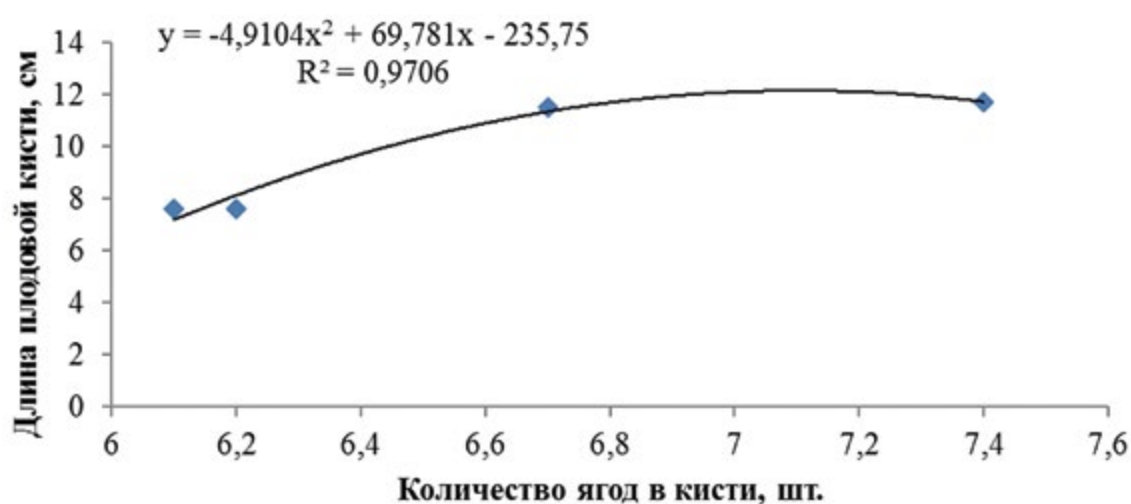


Рис. 6. Регрессионная связь между количеством ягод в кисти и длиной кисти сортов смородины красной
Regression relationship between the number of berries in a bunch and the length of the bunch of red currant varieties

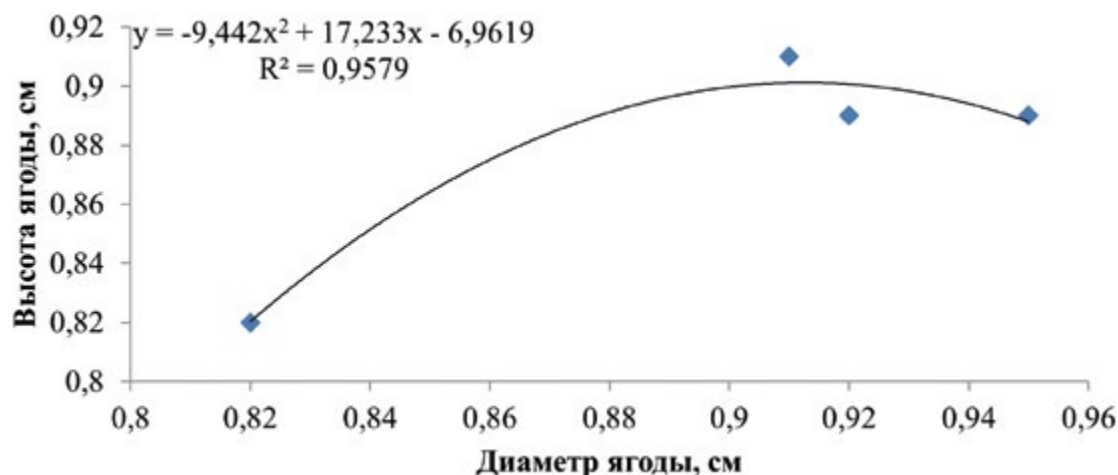


Рис. 7. Регрессионная связь между диаметром и высотой ягод сортов смородины красной
Regression relationship between diameter and height of berries of red currant varieties

ВЫВОДЫ

1. Оценка сортов смородины красной селекции ВНИИСПК по морфологическим параметрам плодовых кистей и ягод (длина кисти, количество ягод в кисти, высота ягоды, диаметр ягоды) позволила установить диапазон изменчивости показателей между ними.

2. Увеличение количества ягод на плодовой кисти на 97,1 % зависит от длиннокистности сорта.

3. По длине кисти и количеству ягод на ней лучшие результаты продемонстрировал сорт Баяна.

4. Все изученные сорта имеют ягоды средней величины, достоверных различий между сортами не обнаружено.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бопп В.Л., Кузьмина Е.М., Мистратова Н.А. Плодоводство Сибири: учеб.пособие. – Красноярск, 2020. – 390 с. EDN: CXPCXF.
2. Потехин А.А., Мистратова Н.А. Плодоводство: вредители плодовых и ягодных культур: учеб. пособие. – Красноярск, 2017. – 186 с. EDN: TFGENJ.
3. Бопп В.Л., Куприна М.Н. Научные основы размножения смородины красной и облепихи одревесневшими черенками в условиях лесостепи Красноярского края. – Красноярск, 2018. – 168 с. EDN: YUAZHF.
4. Исачкин А.В., Воробьев Б.Н., Аладина О.Н. Сортовой каталог. Ягодные культуры. – М., 2001. – 416 с.
5. Hummer K.E., Barney D.L. Currants: Crop Reports // Hort Technology. 2002. – № 12(3). – P. 377–387. URL: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/2674/w.2002.hummer.barney.horttechnology.2002.12.377.pdf> (дата обращения: 10.11.2024).
6. Мяснищева Н.В. Научное обоснование отбора сортов смородины красной при формировании качества желе // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83, № 3(89). – С. 141–150. – DOI: 10.20914/2310-1202-2021-3-141-150.
7. Васильев А.А., Гасымов Ф.М. Экологическая оценка перспективных сортов красной смородины в условиях Челябинской области // Агропродовольственная политика России. – 2023. – № 5–6(108). – С. 42–48. – DOI: 10.35524/2227-0280_2023_05-06_42.
8. Меделева А.Ю., Трунов Ю.В., Брюхина С.А. Формирование продуктивности и качества ягод смородины красной в Тамбовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2(73). – С. 29–34. EDN: SZXPTQ.
9. Куприна М.Н. Совершенствование элементов технологии выращивания саженцев смородины красной и облепихи с использованием сырьевых ресурсов Сибирского федерального округа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2017. – 22 с. EDN: ZQIQBX
10. Итоги селекции смородины красной в лесостепи Приобья / В.Н. Сорокопудов, Н.И. Назарюк, Р.А. Нигматзянов, О.А. Сорокопудова // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 11. – С. 85–92. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-85-92.
11. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. URL: <https://gossortrf.ru/registry/> (дата обращения: 12.12.2024).
12. Голяева О.Д., Князев С.Д., Калинина О.В. Изучение селекционной ценности сеянцев смородины красной от свободного самоопыления // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 9. – С. 107–112. EDN: YYGZUI.

13. Оценка сортов смородины красной по основным морфоструктурным компонентам продуктивности в условиях Белгородской области / Л.А. Тохтарь, В.И. Сорокопудов, В.В. Языкова, А.В. Трегубов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. – 2012. – № 9. – С. 60–63. EDN: PCWDBB.
14. Голяева О.Д., Панфилова О.В. Генетическая коллекция смородины красной ВНИИСПК – результаты и перспективы использования // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 47. – С. 103–106. EDN: XCRKCP.
15. Golyaeva O., Panfilova O. The use of the 'Heinemanns Rote Spatlese' variety as the initial form in the Ribes rubrum selection. Web of Conferences 254, 01002 (2021). – DOI: 10.1051/e3sconf/202125401002.
16. Прудникова Г.А. Смородина красная // Программа работ селекцентра научно-исследовательского института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко до 2030 г. Новосибирск, 2011. – С. 194–198. EDN: WCMFUC.

REFERENCES

1. Bopp V.L., Kuz'mina E.M., Mistratova N.A., *Plodovodstvo Sibiri* (Fruit growing in Siberia), Krasnojarsk, 2020, 390 p., EDN: CXPXCF.
2. Potehin A.A., Mistratova N.A., *Plodovodstvo: vrediteli plodovyh i jagodnyh kul'tur: uch. Posobie* (Fruit growing: pests of fruit and berry crops), Krasnojarsk, 2017, 186 p., EDN: TFGEHJ.
3. Bopp V.L., Kuprina M.N., *Nauchnye osnovy razmnozheniya smorodiny krasnoj i oblepihi odresnevshimi cherenkami v usloviyah lesostepi Krasnojarskogo kraja* (Scientific principles of propagation of red currant and sea buckthorn by lignified cuttings in forest-steppe conditions of Krasnoyarsk region), Krasnojarsk, 2018, 168 p., EDN: YUAZHF.
4. Isachkin A.V., Vorob'ev B.N., Aladina O.N., *Sortovoj katalog. Jagodnye kul'tury* (Varietal catalog. Berry crops), Moscow, 2001, 416 p.
5. Hummer K.E., Barney D.L., Currants: Crop Reports, *Hort Teshnology*, 2002, No. 12(3), pp. 377–387., URL: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/2674/w.2002.hummer.barney.hortecchnology.2002.12.377.pdf>. (In Russ)
6. Mjasishheva N.V., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij*, 2021, T. 83, No 3(89), pp. 141–150, DOI: 10.20914/2310-1202-2021-3-141-150. (In Russ)
7. Vasil'ev A.A., Gasymov F.M., *Agroproduktivnaja politika Rossii*, 2023, No. 5–6(108), pp. 42–48, DOI: 10.35524/2227-0280_2023_05-06_42. (In Russ)
8. Medeljaeva A.Ju., Trunov Ju.V., Brjuhina S.A., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 2(73), pp. 29–34. EDN: SZXPTQ. (In Russ)
9. Kuprina M.N., *Sovershenstvovanie jelementov tekhnologii vyrashhivaniya sazhencev smorodiny krasnoj i oblepihi s ispol'zovaniem syr'evyh resursov Sibirskogo federal'nogo okruga* (Improving the elements of technology for growing red currant and sea buckthorn seedlings using raw materials from the Siberian Federal District), Abstract of candidate's dissertation, Krasnodar, 2017, 22 p. EDN: ZQIQBX.
10. Sorokopudov V.N., Nazariuk N.I., Nigmatjanov R.A., Sorokopudova O.A., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 11, pp. 85–92, DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-85-92. (In Russ)
11. <https://gossortrf.ru/registry/>
12. Goljaeva O.D., Knjazev S.D., Kalinina O.V., *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii*, 2019, No. 9, pp. 107–112. EDN: YYGZUI. (In Russ)
13. Tohtar' L.A., Sorokopudov V.I., Jazykova V.V., Tregubov A.V., *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki*, 2012, No 9, pp. 60–63. EDN: PCWDBB. (In Russ)
14. Golyaeva O., Panfilova O., *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*, 2016, T. 47, pp. 103–106, EDN: XCRKCP. (In Russ)
15. Goljaeva O.D., Panfilova O.V., The use of the 'Heinemanns Rote Spatlese' variety as the initial form in the Ribes rubrum selection, *Web of Conferences* 254, 01002 (2021), DOI: 10.1051/e3sconf/202125401002.
16. Prudnikova G.A., *Programma rabot selekcentra nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva Sibiri im. M.A. Lisavenko do 2030 g.*, Novosibirsk, 2011, pp. 194–198, EDN: WCMFUC. (In Russ)

Информация об авторах:

Н.А. Мистратова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В.Л. Бопп, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

N.A. Mistratova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
V.L. Bopp, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЕМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹А.Ф. Петров, ¹Р.Р. Галеев, ²А.Н. Чиркова, ¹А.А. Шахристова, ¹Н.А. Петров

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

E-mail: petrov190378@mail.ru

Для цитирования: Разработка и совершенствование приемов увеличения производства перца сладкого в условиях лесостепной зоны Западной Сибири / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, А.Н. Чиркова, А.А. Шахристова, Н.А. Петров // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 68–73. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-68-73.

Ключевые слова: перец сладкий, сорта, применение азотных удобрений, урожайность, качество продукции.

Реферат. Перец сладкий – это одна из перспективных овощных культур, которая ценится за повышенное содержание в плодах различных витаминов, органических кислот, антиоксидантов, полезных макро- и микроэлементов, а также других веществ, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности организма. Данная культура имеет широкий ареал распространения, она возделывается практически во всех странах земного шара, имеет высокий потенциал урожайности (более 100 т/га), но несмотря на это средняя урожайность ее в условиях Сибири составляет всего 29 т/га. Основной причиной низкой урожайности перца сладкого является отсутствие в регионе научно обоснованной системы применения удобрений и современных сортов интенсивного типа, обладающих комплексом хозяйственноценных признаков, экологической пластичностью, устойчивостью к вредным организмам и стресс-факторам в сочетании с высокой урожайностью и качеством продукции. В данной статье изложен опыт применения различных норм жидких (КАС 32) минеральных азотных удобрений на перце сладком сибирской селекции в условиях защищенного грунта. Применение азотных удобрений, особенно их повышенных норм, оказывает существенное влияние на периоды прохождения основных фаз развития растений и вегетационного периода в целом, который по отдельным вариантам возрастал до 20 сут. Кроме того, азотные удобрения влияют на формирование всех элементов структуры урожая и продуктивность культуры. Так, по обработанному фону урожайность перца сладкого возрастала более чем на 100 % по отношению к контролю. При этом наиболее оптимальными были средние дозы внесения азотных удобрений (N_{80}). Под влиянием азотных удобрений отмечается рост сухого вещества в среднем на 20 %, общего сахара – на 57 %, а также витамина С на 39 %.

DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF METHODS FOR INCREASING THE PRODUCTION OF SWEET PEPPER IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

¹A.A.F. Petrov, ¹R.R. Galeev, ²A.N. Chirkova, ¹A.A. Shakhristova, ¹N.A. Petrov

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Perm State Agrarian and Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm, Russia

E-mail: petrov190378@mail.ru

Keywords: sweet pepper, varieties, application of nitrogen fertilizers, yield, product quality.

Report. Sweet pepper is one of the promising vegetable crops, which is valued for its high content of various vitamins, organic acids, antioxidants, beneficial macro and microelements, and other substances necessary to maintain the normal functioning of the body. This crop has a wide distribution area, it is cultivated in almost all countries of the globe and has a high yield potential (more than 100 t/ha), but despite this, its average yield in Siberia is only 29 t/ha. The main reason for the low yield of sweet pepper is the lack of a scientifically based fertilizer application system in the region, and modern intensive varieties with a complex of economically valuable characteristics, environmental plasticity, resistance to harmful organisms and stress factors combined with high yield and product quality. This article describes the experience of applying various norms of liquid (CAS – 32) mineral nitrogen fertilizers on sweet pepper of Siberian breeding in protected soil conditions. The use of nitrogen

fertilizers, especially their increased norms, has a significant impact on the periods of passage of the main phases of plant development and the growing season as a whole, which in some cases increased to 20 days. In addition, nitrogen fertilizers affect the formation of all elements of the crop structure and the productivity of the crop as a whole. Thus, according to the processed background, the yield of sweet pepper increased by more than 100% relative to the control. At the same time, the average doses of nitrogen fertilizers (N80) were the most optimal. Under the influence of nitrogen fertilizers, there is an increase in dry matter by an average of 20%, total sugar by 57, and vitamin C by 39%.

Для обеспечения растущих потребностей общества в необходимых продуктах питания важное значение имеет производство сельскохозяйственных культур, в частности пасленовых. Этого можно достичь путем интенсификации их производства, а также за счет оптимального подбора сортов, гибридов и совершенствования технологии их возделывания [1].

На сегодняшний день в Западно-Сибирском регионе более 45 млн га используемых сельскохозяйственных угодий, из которых овощные пасленовые культуры занимают менее 1 %, при этом основные площади, занятые данными культурами, сосредоточены в личных подворьях и на садово-огородных участках (около 91 %). В последние годы наблюдается рост площадей под этими культурами в специализированных хозяйствах различных форм собственности. Повышение урожайности и качественных показателей пасленовых культур – одна из основных задач в решении проблемы продовольственной безопасности страны и импортозамещения.

Одной из пасленовых культур является перец сладкий. Несмотря на высокий потенциал урожайности этой культуры (более 100 т/га) средняя урожайность в регионе составляет всего 29 т/га. Основной причиной низкой урожайности перца сладкого является отсутствие в регионе научно обоснованной системы применения удобрений, а также современных сортов интенсивного типа, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, экологической пластичностью, устойчивостью к вредным организмам и стресс-факторам в сочетании с высокой урожайностью и качеством продукции.

Продуктивность перца сладкого во многом зависит от степени обеспеченности почвы элементами питания, особенно в условиях защищенного грунта. Многие исследователи утверждают, что на образование одной тонны свежей продукции перца сладкого необходимо 3,5–5,5 кг азота, 2,5–4 кг фосфора, 10 кг калия, до 3,2 кг кальция и 1,4 кг магния [2]. Отдельные ученые доказывают, что в основе формирования плодов и особенно их качественных показателей лежит только калий, наибольшая потребность которого отмечается в

период плодоношения [3–5]. Другие называют основным элементом фосфор, который играет большую роль в жизни растений и особенно в формировании корневой системы и генеративных органов [6]. Однако основная масса исследователей имеет схожее мнение, утверждая, что основным элементом питания служит азот. Он является основой формирования всей вегетативной массы растений, плодов и их качественных показателей. Азот необходим растениям перца сладкого на протяжении всего периода вегетации и особенно в период активного роста вегетативной массы и плодообразования [7]. При этом некоторые авторы отмечают, что переизбыток азота в почве при достаточном увлажнении стимулирует усиленный рост вегетативной массы, ослабляет формирование генеративных органов, что в комплексе приводит к увеличению продолжительности вегетационного периода, что недопустимо в условиях Сибири [8–10].

Цель исследования – разработка и совершенствование приемов увеличения производства перца сладкого в условиях лесостепной зоны Западной Сибири путем оптимизации применения различных доз жидких азотных удобрений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2021–2023 гг. на полях УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ.

Почва участка – серая лесная. Содержание гумуса в пахотном горизонте 3,3–4,1 %, азота нитратного 15–16,5 мг/кг, азота аммиачного 15,2–16,9 мг/кг, подвижного фосфора 179–192 мг/кг (по Ю.И. Чирикову, 1969), обменного калия 193–202 мг/кг почвы. Сумма поглощенных оснований 31,1–53,0 мг.-экв. на 100 г почвы, pH солевой 7,1–7,8 (данные центра агрохимической службы «Новосибирский»).

В соответствии с поставленными задачами был заложен следующий опыт: «Совершенствование элементов технологии производства перца сладкого путем оптимизации применения различных доз жидких азотных удобрений». Повторность

опытов 4-кратная, размещение делянок рендомизированное, площадь делянок 6 м², учетная – 4 м².

В работе использовались сорта сладкого перца сибирской селекции (Новосибирский, Багира и Бегемот), а также различные дозы жидких (КАС 32) минеральных азотных удобрений в условиях защищенного грунта. Агротехника в опыте классическая, посев семян в первой декаде марта, через три недели после всходов провели пикировку. Уход за рассадой складывался из поддержания оптимальной температуры и поливов. Высадка рассады в защищенный грунт производилась вручную во второй половине мая. Внесение азотных удобрений на опыте осуществлялось непосредственно в лунку под высаживаемое растение. Схема посадки перца 70×35×30. Уход за растениями заключался в регулярных поливах, рыхлении и формировании куста. Учет и уборку урожая проводили 3–4 раза по мере созревания плодов.

Работа велась согласно существующим общепринятым методикам. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, перца сладкого проводили с использованием методики полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве [11]. Химический анализ плодов и клубней проводился физико-химической лабораторией

ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ по общепринятым методикам согласно ГОСТу. Химический состав почвы производился в лаборатории центра агрохимической службы «Новосибирский» согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка проведена методом дисперсионного анализа на ПК с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продолжительность вегетационного периода и прохождение основных фаз и межфазных периодов перца сладкого является важным критерием оценки условий формирования будущего урожая [12]. В наших исследованиях основными факторами, влияющими на продолжительность данных периодов, являются в первую очередь доза применяемых азотных удобрений и генотип сорта.

В результате проведенных исследований было установлено, что при увеличении дозы азотных удобрений отмечается увеличение продолжительности основных периодов роста и развития растений до трех суток, что в комплексе по варианту вызывало рост вегетационного периода до 15–20 сут (табл. 1).

Таблица 1

Влияние азотных удобрений на продолжительность межфазных периодов сортов перца защищенного грунта (среднее за 2021–2023 гг.)
The effect of nitrogen fertilizers on the duration of interphase periods of protected ground pepper varieties (average for 2021–2023)

Сорт	Вариант	Число суток			
		Всходы	Всходы – цветение	Всходы – начало созревания	Всходы – массовое созревание
Новосибирский	Контроль	13	48	99	102
	КАС 60	14	50	106	112
	КАС 80	13	54	111	118
	КАС 100	14	54	113	123
Бегемот	Контроль	16	56	114	130
	КАС 60	16	58	118	136
	КАС 80	16	59	117	138
	КАС 100	15	59	119	138
Багира	Контроль	16	54	109	125
	КАС 60	15	58	112	133
	КАС 80	16	61	116	138
	КАС 100	16	63	116	139

Максимальное увеличение вегетационного периода наблюдалось у скороспелого сорта Новосибирский, когда варианты с применением

максимальных доз внесения азотных удобрений 100 кг. д.в./га, привело к увеличению вегетационного периода до 20 сут по отношению к контролю.

Минимальное действие удобрений было отмечено по среднеспелому сорту Бегемот, где в среднем за три года исследований увеличение продолжительности периода вегетации по максимальным дозам КАС 32 составляло 8 сут.

Наиболее важным показателем производства перца сладкого, как и любой другой культуры, является его продуктивность, которая формируется в течение всего вегетационного периода, вначале в виде вегетативных органов, а затем репродуктивных. На формирование структурных показателей, и в частности продуктивность перца сладкого, большое влияние оказывали погодные условия, доза применения азотных удобрений и генотип.

Так, в 2023 г. в результате аномально жаркой и сухой погоды в период вегетации были зафиксированы самые низкие показатели элементов структуры изучаемых сортов перца сладкого: масса плодов и их количество на растении были ниже показателей 2021 и 2022 г. в среднем на 25–33 % соответственно.

Азотные удобрения и особенно их повышенные дозы оказывали большое влияние на закладку и формирование структурных показателей урожайности сортов перца сладкого. Увеличение нормы азотных удобрений вызывало резкий рост всех структурных элементов урожайности: массы плода и их количества. По отдельным вариантам опыта они возрастали более чем на 100 %. При этом следует отметить, что максимальное увеличение (до 100 %) структурных показателей наблюдалось между контролем и вариантами с дозой внесения 60 кг д.в./га. Последующее увеличение дозы удобрений с 60 до 80 кг д.в./га обеспечило разницу 25 %, а увеличение с 80 до 100 кг д.в./га всего 3–4 % (табл.2).

Все изучаемые в опыте сорта перца сладкого отличались между собой по цвету, размеру, форме и массе плодов. Наиболее крупные мясистые плоды (от 170 до 350 г) были отмечены на сорте Багира, при этом их среднее количество составляло 5 шт., что для крупноплодного сорта является хорошим показателем (табл. 2).

Таблица 2

Влияние применения азотных удобрений на элементы структуры и урожайность сортов перца сладкого (среднее за 2021–2023 гг.)

The impact of nitrogen fertilizer application on structural elements and yield of sweet pepper varieties (average for 2021–2023)

Сорт	Вариант Фон Р ₄₀ , К ₆₀	Элементы структуры		Урожайность, т/га	
		Масса плода, г	Кол-во плодов, шт./растение	Средняя	Прибавка к контролю
Новосибирский	Контроль	73,39	3	13,21	–
	КАС 60	122,47	6	44,09	30,88
	КАС 80	147,79	8	70,94	57,73
	КАС 100	156,97	8	75,35	62,14
Бегемот	Контроль	98,1	3	17,65	–
	КАС 60	175,01	5	52,50	34,85
	КАС 80	198,89	6	71,60	53,95
	КАС 100	211,84	6	76,26	58,61
Багира	Контроль	94,53	3	17,02	–
	КАС 60	219,17	5	65,75	48,73
	КАС 80	267,20	6	96,19	79,17
	КАС 100	276,03	6	99,37	82,35
НСР ₀₅ общ.		5,07	2,99	4,9	
НСР ₀₅ А (генотип)		3,16	1,17	3,1	
НСР ₀₅ В (удобрения)		4,99	1,99	2,9	
НСР ₀₅ С (условия года)		3,07	1,89	2,2	

Установлено, что применение азотных удобрений и особенно их повышенные дозы позволяют существенно повысить прибавку урожайности по отношению к контролю от 30 до 83 т/га. Так, в наших опытах наиболее отзывчивым на применение минеральных азотных удобрений оказался сорт Багира, на контрольном варианте которого урожайность составляла всего 17,2 т/га, а при применении азотных удобрений возрастала до 100 т/га.

Перец сладкий ценится за содержание в плодах большого количества витаминов, органических кислот, антиоксидантов, полезных макро- и микроэлементов и других веществ, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности человека.

Анализ качества товарной продукции, в частности содержания сахаров, общей кислотности, витамина С и сухого вещества в плодах перца сладкого, показал, что применение азотных удобрений оказывает влияние на их накопление. Так, по всем сортам и вариантам по отношению к контролю наблюдается положительная тенденция роста сухого вещества в среднем на 20 %, общего сахара – на 57 %, а также на 39 % витамина С.

ВЫВОДЫ

1. Применение азотных удобрений в производстве перца сладкого существенно влияет на рост, развитие растений и их период вегетации, что впоследствии оказывает положительный эффект на продуктивность и качество готовой продукции.

2. Повышенные дозы применения азотных удобрений оказывают большое влияние на периоды прохождения основных фаз развития растений и вегетационный период в целом, в среднем до 15 сут.

3. Азотные удобрения оказывают влияние на формирование всех элементов структуры урожая и продуктивность культуры в целом. По средней массе и количеству плодов с одного растения разница по отношению к контролю составляет до 100 % и более, а наиболее оптимальные и достоверные показатели при этом получены при норме внесения N80.

4. Применение азотных удобрений оказывает влияние на содержания сахаров, общей кислотности, витамина С и сухого вещества в плодах. Так, на обработанном фоне по отношению к контролю наблюдается рост сухого вещества в среднем на 20 %, общего сахара – на 57 %, а также витамина С на 39 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петров А.Ф. Научные основы технологии возделывания пасленовых культур в лесостепи Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Махачкала, 2023. – 385 с. – EDN IOUTNK.
2. Научные основы формирования продуктивности и качества томата / Т.С. Астарханова, Е.Н. Пакина, Н.Г. Андреева, И.Р. Астарханов. – Махачкала, 2018. – 136 с.
3. Алпатьев А.В., Власов А.С. Изменчивость и наследование межфазных периодов у сортов томата // Докл. ВАСХНИЛ. – 1982. – № 9. – С. 11–12.
4. Бексеев Ш.Г. Выращивание ранних томатов. – Л.: Агропромиздат, 1989. – 270 с.
5. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
6. Кацнельсон С.М. Отношение томатов к разным формам фосфатов в разные периоды роста: сб. науч. тр. – 1950. – С. 46–54.
7. Эдельштейн В.И. Прогрессивные приемы возделывания овощных культур // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1962. – № 2. – С. 34–36.
8. Кашицын Ф.И. Изучение сортового разнообразия основных овощных культур в условиях орошения Узбекской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Л., 1955. – 20 с.
9. Петров А.Ф. Совершенствование технологии производства перца сладкого в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Картофель и овощи. – 2022. – № 4. – С. 19–22. – DOI: 10.25630/PAV.2022.13.19.004. – EDN NYOUGN.
10. Петров А.Ф. Влияние органоминеральных стимуляторов роста на урожайность и сортовые качества баклажана и перца сладкого // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(62). – С. 26–32. – DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-26-32. – EDN QSUSHS.
11. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / В.Ф. Белик, В.Ф. Рубин, Д.Б. Лукьяненко [и др.]. – НИИ овощного хоз-ва, Укр. НИИ овощеводства и бахчеводства; Под ред. В.Ф. Белика, Г.Л. Бондаренко. – М.: НИИОХ, 1979. – 210 с.

12. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений и рациональные направления селекции на повышение продуктивности // Физиолого-генетические основы повышения продуктивности зерновых культур: мат-лы конф. – М.: Колос, 1975. – С. 5–14.

REFERENCES

1. Petrov A.F., *Nauchny`e osnovy` texnologii vozdeley`vaniya paslenovy`x kul`tur v lesostepi Zapadnoj Sibiri* (Scientific foundations of cultivation technology of nightshade crops in the forest-steppe of Western Siberia), PhD dissertation, 2023, 385 p., EDN IOUTNK.
2. Astarxanova T.S., Pakina E.N., Andreeva N.G., Astarxanov I.R., *Nauchny`e osnovy` formirovaniya produktivnosti i kachestva tomata* (Scientific basis for the formation of tomato productivity and quality), Maxachkala, 2018, 136 p.
3. Alpat`ev A.B., Vlasov A.C., *Doklady VASXNIL*, 1982, No. 9, pp. 11–12. (In Russ.)
4. Bekseev Sh.G., *Vy`rashhivanie rannix tomatov* (Growing early tomatoes), Leningrad: Agropromizdat, 1989, 270 p.
5. Polevoj V.V., *Fiziologiya rastenij* (Plant Physiology), Moscow: Vysshaya shkola, 1989, 464 p.
6. Kacznel`son S.M., *Otnoshenie tomatov k razny`m formam fosfatov v razny`e periody` rosta* (Tomatoes' response to different forms of phosphates during different periods of growth), Collection of scientific papers, 1950, pp. 46–54. (In Russ.)
7. E`del`shtein V.I., *Mezhdunarodny`j sel`skoxozyajstvenny`j zhurnal*, 1962, No. 2, pp. 34–36. (In Russ.)
8. Kashicyn F.I., *Izuchenie sortovogo raznoobraziya osnovny`x ovoshhny`x kul`tur v usloviyax orosheniya Uzbekskoj SSR* (Study of the varietal diversity of the main vegetable crops under irrigation conditions of the Uzbek SSR), Abstract of candidate's dissertation Leningrad, 1955, 2 p.
9. Petrov A.F., *Kartofel` i ovoshhi*, 2022, No. 4, pp. 19–22, DOI: 10.25630/PAV.2022.13.19.004, EDN NYOUGN. (In Russ.)
10. Petrov A.F., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 2(62), pp. 26–32, DOI: 10.31563/1684-7628-2022-62-2-26-32, EDN QSUSHS. (In Russ.)
11. Belik V.F., Rubin V.F., Luk`yanenko D.B. i dr., *Metodika polevogo opy`ta v ovoshhevodstve i baxchevodstve* (Methodology of field experiment in vegetable and melon growing), NII ovoshhnogo xoz-va, Ukr. NII ovoshhevodstva i baxchevodstva, Moscow: NIIOX, 1979, 210 p.
12. Nichiporovich A.A., *Fiziologo-geneticheskie osnovy` povysheniya produktivnosti zernovy`x kul`tur* (Physiological and genetic bases for increasing productivity of grain crops), Conference Proceedings, Moscow: Kolos, 1975, pp. 5–14. (In Russ.)

Информация об авторах:

А.Ф. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
 Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
 А.Н. Чиркова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
 А.А. Шахристова, преподаватель
 Н.А. Петров, студент

Contribution of the authors:

A.F. Petrov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
 R.R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
 A.N. Chirkova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor
 A.A. Shakhristova, teacher
 N.A. Petrov, student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *MONARDA FISTULOSA* L., ВЫРАЩЕННОЙ В КРЫМУ

О.А. Пехова, Л.А. Тимашева, И.Л. Данилова, И.В. Белова

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: isocrimea@gmail.com

Для цитирования: Метаболические особенности *Monarda fistulosa* L., выращенной в Крыму / О.А. Пехова, Л.А. Тимашева, И.Л. Данилова, И.В. Белова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 74–81. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-74-81.

Ключевые слова: *Monarda fistulosa* L., сырье, эфирное масло, биологически активные вещества, срок хранения.

Реферат. Монарда дудчатая (*Monarda fistulosa* L.) является широко востребованным эфиромасличным растением, содержащим целый ряд биологически активных веществ. Цель исследований – изучить метаболические изменения в растениях *M. fistulosa* в процессе вегетации и хранения. Характеристики сырья монарды по содержанию разных видов биологически активных веществ, в том числе эфирного масла, определяли по общепринятым методикам. В результате проведенных исследований установлены особенности накопления эфирного масла, экстрактивных веществ, общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот, флавоноидов и дубильных веществ в процессе вегетации *M. fistulosa*. Основными маслосинтезирующими органами растений монарды были листья и соцветия. Наибольшее количество эфирного масла содержалось в соцветиях – 3,12 % на абсолютно сухую массу, которые преобладали во фракционном составе сырья (60,3 %). В фазу массового цветения *M. fistulosa* синтезировалось максимальное количество эфирного масла (2,97 %) с доминантным компонентом тимолом (66,22 %). Эта фаза является оптимальной для уборки растений в качестве эфиромасличного сырья. Оптимальным сроком уборки растений *M. fistulosa* в качестве лекарственного сырья являются фаза отрастания и фаза «бутонизации–начала цветения», в которые накапливается наибольшее количество экстрактивных веществ и фенольных соединений. Показано, что хранить воздушно сухое сырье монарды можно не более двух лет. Впервые изучены фитохимические особенности растений *M. fistulosa*, выращенных в Крыму (предгорная зона), с целью применения их в качестве эфиромасличного и лекарственного сырья.

METABOLIC CHARACTERISTICS OF *MONARDA FISTULOSA* L., GROWN IN CRIMEA

O.A. Pekhova, L.A. Timasheva, I.L. Danilova, I.V. Belova

Federal State Budgetary Institution of Science “Research Institute of Agriculture of Crimea”, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

E-mail: isocrimea@gmail.com

Keywords: *Monarda fistulosa* L., raw materials, essential oil, biologically active substances, storage period.

Abstract. Currently, wild bergamot or bee balm (*Monarda fistulosa* L.) is a popular essential oil plant containing a wide range of biologically active substances. The purpose of the research was to study the content of biologically active substances in *M. fistulosa* grown in the foothill zone of Crimea, depending on the vegetation phase. Qualitative and quantitative characteristics of freshly harvested and air-dried raw materials, in terms of the content of different types of biologically active substances, including essential oil, were determined according to generally accepted methods. As a result of the conducted research, the features of the accumulation of essential oil, extractives, common phenolic compounds, phenolic carboxylic acids, flavonoids and tannins during the vegetation of *M. fistulosa* have been established. We found that the main oil-synthesizing organs of bee balm are leaves and inflorescences. The largest amount of essential oil (3.12 % in terms of absolutely dry weight) was obtained from inflorescences; in the fractional composition of raw materials, they amounted to 60.3 %. The maximum amount of essential oil with thymol as the dominant component (66.22%) was accumulated in plants during the phase of mass flowering (2.97 %). This phase is optimal for harvesting *M. fistulosa* plants as essential oilseed raw material.

*It was experimentally determined that the greatest amount of extractive substances and phenolic compounds was obtained during the phases of regrowth and bud formation–early flowering. This is an optimal time for harvesting plants as medicinal raw materials. It should be mentioned that air-dried raw materials of *M. fistulosa* can be stored for no more than two years. Phytochemical features of *M. fistulosa* plants grown in the foothill zone of Crimea were studied for the first time in order to use them as essential oil and medicinal raw materials.*

Монарда дудчатая (*Monarda fistulosa* L.) – это травянистый многолетник семейства яснотковых (*Lamiaceae*), родом из Северной Америки, широко культивируется в странах Европы (Испания, Франция, Португалия, Великобритания) и в различных регионах Российской Федерации (Крым, Северный Кавказ, Урал, Сибирь, Ленинградская, Московская и Самарская области, Республика Башкортостан) [1–3].

Растения *M. fistulosa* используются в качестве эфиромасличного (эфирное масло, гидролаты, биоэкстракты); пряно-ароматического (консервирование, приправа к мясным блюдам, ароматизация напитков и чаев) и лекарственного (фармация, народная медицина) сырья [4, 5]. *M. fistulosa* – популярный объект фитодизайна.

По литературным данным фитокомплекс растений *M. fistulosa* содержит различные виды биологически активных веществ: эфирное масло (от 0, 5 до 2,8 % на абсолютно сухую массу), флавоноиды, тритерпеновые кислоты, фенилпропаноиды, смолистые вещества, дубильные вещества, каротиноиды, антоцианы, витамины (С – 4,5 мг %, В₁ – 3,7 мкг % и В₂ – 40 мкг %), макро- и микроэлементы (К, Са, Мп, Fe, Cu, Zn, Sr, Mo, Co) [6, 7].

Растения *M. fistulosa* характеризуются полиморфизмом и полихимизмом с широким диапазоном содержания эфирного масла в сырье и различным его качеством. Рядом исследователей выделены следующие хемотипы: тимольный, карвакрольный, тимольно-карвакрольный, гераниольный [1–3].

Сырье монарды, эфирное масло и экстракты различной природы характеризуются следующими видами биологической активности (бактерицидной, противогрибковой, противовирусной), а также обладают антиоксидантным, противовоспалительным, обезболивающим, противовоскологическим, антидиабетическим и другими действиями [8, 9].

В связи с возросшим интересом к применению растений монарды и продуктов ее переработки (эфирное масло, гидролаты, различные виды экстрактов) в разных сферах увеличилось число исследований фитохимических особенностей этого растения, произрастающего в различных регионах мира и различных почвенно-климати-

ческих условиях, в том числе и в России [9–11]. Исследования растений монарды в Крыму были проведены на южном берегу и в предгорной зоне [3, 12]. Однако вопросы накопления биологически активных веществ (БАВ) в растениях *M. fistulosa* в течение вегетационного периода в разных органах растений не изучались. Изучение этих вопросов дает возможность установить оптимальные сроки уборки сырья эфиромасличного и лекарственного направлений с наибольшим выходом целевых БАВ установленного качества. Исследований по продолжительности хранения высушенного сырья *M. fistulosa* и его влияния на содержание и качество БАВ не проводилось.

Цель исследований – изучить метаболические изменения в растениях *M. fistulosa* в процессе вегетации и хранения. В задачу исследований входило определение содержания эфирного масла и БАВ в надземной части растений по фазам вегетации и органам, а также в процессе хранения воздушно-сухого сырья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. в лаборатории переработки и стандартизации эфиромасличного сырья ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма». Объект исследований – свежесрезанные и воздушно-сухие растения *M. fistulosa* (коллекционный образец ЕОА-119), выращенные на экспериментальном участке НИИСХ Крыма в с. Крымская Роза Белогорского района.

M. fistulosa – многолетнее поликарпическое растение с ежегодно отмирающими надземными побегами. В предгорном Крыму растения достигают высоты 90–120 см, листья ланцетные, цветки розовато-лиловые, собраны в головчатые соцветия, цветет в июле-августе. Размножается семенами, делением куста, саженцами и рассадой. Период вегетации растений составляет 173–176 дней.

Общий вид растений *M. fistulosa* представлен на рис. 1.



а

б

Рис. 1. Общий вид растений и сырья *M. fistulosa*: а – фаза массового цветения; б – свежесрезанное сырье
General view of plants and raw materials *M. fistulosa*: а – mass flowering phase; б – freshly cut raw materials

Почвенно-климатические условия выращивания *M. fistulosa* характерные для IV агроклиматического района Крыма [13].

Качество сырья монарды (свежесрезанного и воздушно-сухого) определяли по следующим показателям: влажность – гравиметрическим методом, содержание эфирного масла – методом гидродистилляции; экстрактивных веществ – методом экстрагирования водно-спиртовым раствором; общих фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот, флавоноидов и дубильных веществ – титриметрическим методом. Компонентный состав эфирного масла определяли методом газовой хроматографии на приборе Кристалл 2000М. Идентификацию основных компонентов эфирного масла *M. fistulosa* проводили методом нормализации. Содержание БАВ в сырье определяли в трехкратной повторности. Обработка результатов исследований проводилась общепринятыми статистическими методами [14] и пакета программ Microsoft Office Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из литературных источников известно, что содержание различных видов БАВ в сырье *M. fistulosa*, в том числе и химический состав эфирного масла, зависит от географических, почвенно-климатических условий произрастания, хемотипа растений, фенофазы растений, агротехнологии выращивания и способа переработки [2, 9, 10, 15–17].

Поэтому вопросы изучения метаболомики *M. fistulosa*, выращиваемой в предгорной зоне Крыма, являются актуальными. Результаты исследований представлены на рис. 2 (НСР₀₅: целое растение – 0,25; листья – 0,20; соцветия – 0,18).

Установлено, что надземная часть растений *M. fistulosa* состояла из фракций: листья (14,8–41,6 %), стебли (22,3–58,4 %) и соцветия (46,2–60,3 %). По фазам вегетации соотношение фракций было следующим: в фазу отрастания преобладали листья, а в фазу массового цветения их содержание уменьшалось; содержание соцветий достигало максимума в фазу массового цветения.

Нами определено, что содержание эфирного масла в целых растениях в процессе вегетации колебалось в пределах 1,49–2,97 %, увеличивалось начиная с фазы отрастания – 1,49 %, в период массового цветения достигало максимума – 2,97 % и снижалось к концу цветения – 2,29 % (см. рис. 2).

Проведенные исследования показали, что эфирное масло синтезировалось в основном в листьях и соцветиях *M. fistulosa*. Максимальное количество эфирного масла содержалось в соцветиях (3,12 %) в фазу массового цветения, а в листьях (2,45 %) – в фазу «бутонизация–начало цветения». Содержание эфирного масла в стеблях находилось в следовых количествах на протяжении всего периода вегетации. Следовательно, одной из физиологических особенностей растений *M. fistulosa*, выращиваемых в предгорном Крыму, является неравномерность накопления и локализации эфирного масла в вегетативных и генеративных органах.

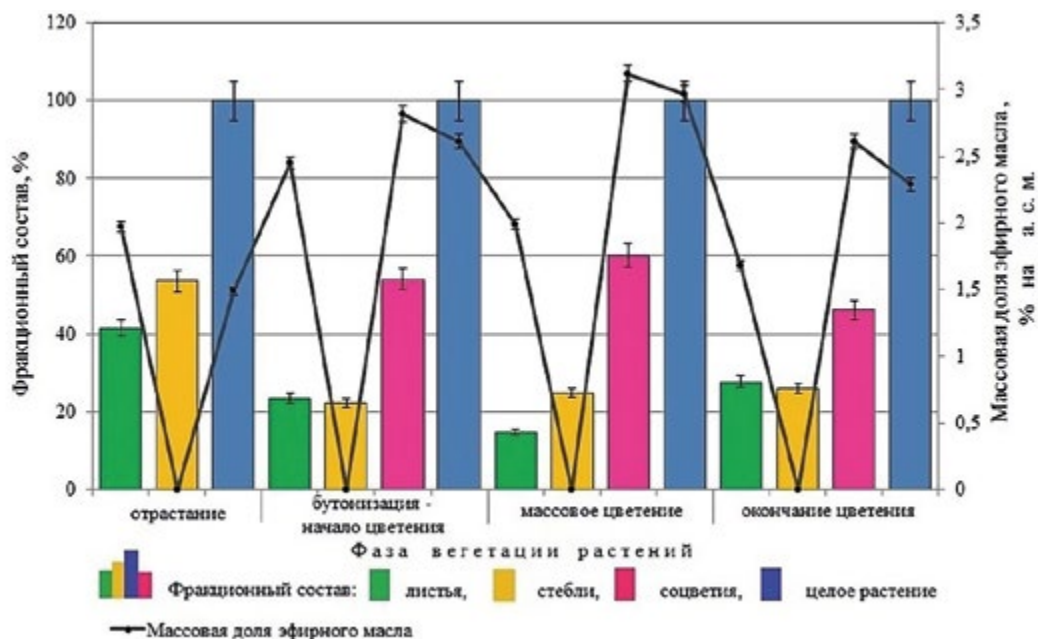


Рис. 2. Содержание эфирного масла в различных органах растений *M. fistulosa* по фазам вегетации (среднее за 2020–2022 гг.)

Content of essential oil in various organs of *M. fistulosa* plants by vegetation phases (average for 2020–2022)

Газохроматографическим методом в эфирном масле *M. fistulosa* было определено 38 компонентов, 20 из них идентифицировано. Эфирное масло содержало следующие группы химических веществ: терпеновые углеводороды – α - и β -пинены, лимонен, камфен, α - и γ -терпинены, β -мирцен, р-цимен, бурбонен, β -фелландрен, гермакрен D; фенолы: тимол, карвакрол; терпеновые спирты: борнеол, линалоол, α – терпинеол, сабиненгидрат;

оксиды – кариофилленоксид; хиноны – тимохинон. Установлено, что преобладающими компонентами эфирного масла были фенолы (тимол и карвакрол), сумма которых достигала максимума в фазу массового цветения – 68,34 %.

Типичная хроматограмма эфирного масла *M. fistulosa*, полученного в фазу массового цветения, представлена на рис. 3.

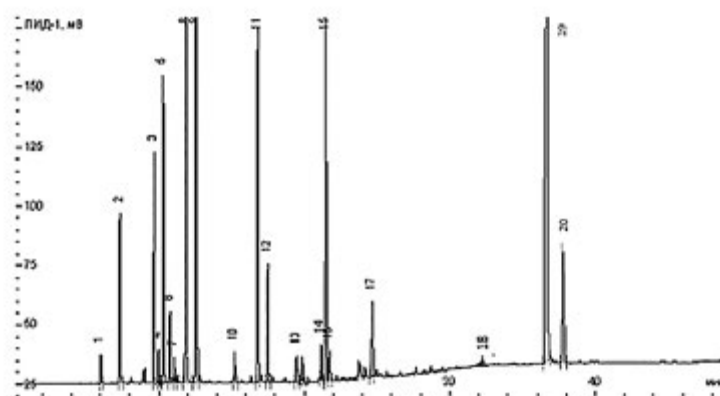


Рис. 3. Типичная хроматограмма эфирного масла *M. fistulosa* на полярной капиллярной колонке в фазу массового цветения, 2022 г.: 1 – α -пинен; 2 – камфен; 3 – β -пинен; 4 – α -терпинен; 5 – лимонен; 6 – β -фелландрен; 7 – γ -терпинен; 8 – р-цимен; 9 – β -мирцен; 10 – сабинен гидрат; 11 – бурбонен; 12 – линалоол; 13 – камфора; 14 – α -терпинеол; 15 – борнеол; 16 – гермакрен D; 17 – кариофилленоксид; 18 – тимохинон; 19 – тимол; 20 – карвакрол

Chromatogram of *M. fistulosa* essential oil on a polar capillary column during the mass flowering phase, 2022

Установлено, что в компонентном составе эфирного масла монарды на протяжении вегетации изменения происходили в пределах метаболитических вилок: тимол и карвакрол, р-цимен и γ-терпинен. Так, в фазу отрастания содержание тимола и карвакрола находилось соответственно на уровне 43,79 и 1,45 %, а в фазу массового цветения содержание тимола увеличивалось до 66,22 %, в фазу окончания цветения содержание тимола уменьшалось до 52,74 %, а карвакрола увеличивалось до 11,77 %. Содержание γ-терпинена было максимальным (24,70 %) в фазу отрастания растений монарды, снижаясь к концу цветения (10,78 %). Содержание р-цимена увеличивалось к концу цветения до 9,19 %.

Изучаемые растения монарды по химическому составу эфирного масла относятся к тимольному хемотипу (содержание тимола от 43,79 до 66,22 %, карвакрола от 1,45 до 11,77 %). Также следует отметить, что в эфирном масле был обнаружен биологически активный компонент тимохинон в количестве от 0,3 до 0,6 % в фазу массового цветения и окончания цветения.

Результаты анализа химического состава эфирного масла *M. fistulosa* показали, что органы растений по фазам вегетации синтезировали одинаковый набор химических соединений в различном количественном соотношении. Так, в фазу отрастания в листьях растений содержание тимола составило 28,62 %, терпеновых углево-

дородов – 52,77 %, а в фазу окончания цветения соответственно 51,49 и 13,37 %.

Полученное нами эфирное масло *M. fistulosa* в фазу отрастания и фазу «бутонизация и начало цветения» по органолептическим показателям представляло собой легкоподвижную прозрачную жидкость желтого цвета с характерным пряным запахом. А эфирное масло, полученное в фазы массового цветения и окончания цветения, приобретало красновато-коричневый цвет и резкий пряный запах, что объясняется содержанием в нем тимохинона и его производных [10]. Физические показатели качества эфирного масла, полученного из сырья в фазу массового цветения методом паровой дистилляции, были следующими: относительная плотность при 20 °С – от 0,895 до 0,919; показатель преломления при 20 °С – от 1,4984 до 1,5018; угол вращения плоскости поляризации света при 20 °С, градус – от минус 2,30 до минус 3,97.

Высушенное сырье *M. fistulosa*, убранное в разные фазы вегетации оценивалось по содержанию различных видов БАВ как лекарственное сырье. Определено, что содержание экстрактивных веществ (70 % водно-спиртовым раствором) в сырье находилось на уровне 21,75–33,67 %.

Содержание фенольных соединений в растениях *M. fistulosa* по фазам вегетации представлено на рис. 4.

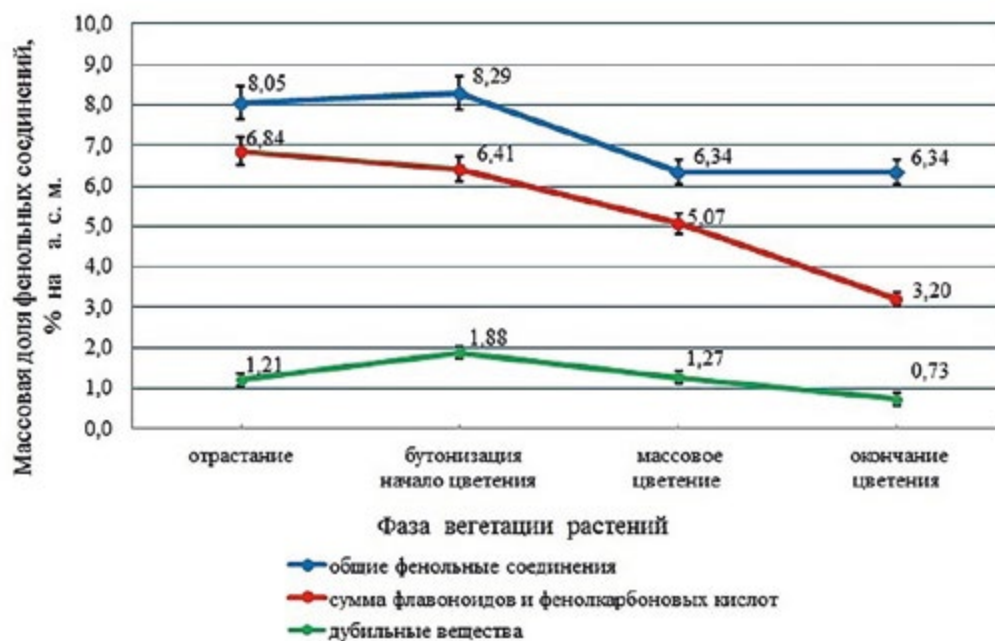


Рис. 4. Содержание фенольных соединений в растениях *M. fistulosa* в течение вегетации, 2020-2022 гг.

Content of phenolic compounds in plants *M. fistulosa* during the growing season, 2020-2022.

Нами установлено, что содержание общих фенольных соединений в растениях в течение их вегетации изменялось в пределах 3,93–8,29 %. Сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот колебалась от 3,20 до 6,84 %, а дубильных веществ от 0,73 до 1,88 %. Проведенные исследования показали, что наибольшее количество общих фенольных соединений (в том числе флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты) образуется в фазы отрастания и «бутонизация–начало цветения», а дубильных веществ – в фазу «бутонизация–начало цветения».

Для установления оптимального срока хранения воздушно-сухого сырья монарды как лекарственного, образцы его хранили в неизмельченном виде на стеллажах в затемненном помещении при температуре от 20 до 25 °С и при относительной влажности воздуха 70 % в течение 24 мес. Оценка сырья в процессе хранения показала, что в растениях изменялось количество эфирного масла и его химический состав. Содержание эфирного масла снижалось по сравнению с контролем (исходное сырье, заложенное на хранение) – на 41,27 %; при этом уменьшалось количество терпеновых углеводов на 4,80 %, фенола-тимол на 12,64 %, терпеновых спиртов на 0,31 %. Это обусловлено процессами окисления и испарения легколетучих компонентов эфирного масла. Исходя из вышеизложенного следует, что хранить воздушно-сухое сырье монарды более двух лет нецелесообразно.

ВЫВОДЫ

В процессе проведенной работы изучены метаболические особенности *M. fistulosa*, выращенной в предгорном Крыму.

1. Установлена вариабельность содержания эфирного масла и его компонентного состава, а также других видов БАВ в различных органах растений *M. fistulosa* по фазам вегетации. В наших исследованиях листья и соцветия являются маслосинтезирующими органами растений *M. fistulosa*, которые накапливают соответственно 2,45 и 3,12 % эфирного масла. В растениях синтезировалось наибольшее количество эфирного масла характерного качества в фазу массового цветения (2,97 %) с доминирующим компонентом тимолом на уровне 66,22 %. Данный компонент

преобладал в эфирном масле во все фазы вегетации. Следовательно, по результатам наших исследований растения данного коллекционного образца ЕОА-119 *M. fistulosa* можно отнести к тимольному хемотипу. Определено, что содержание в эфирном масле четырех компонентов (тимол и карвакрол, γ -терпинен и р-цимен) в сумме составляло 87,15 %. Кроме того, выявлено, что в эфирном масле в фазы массового цветения и окончания цветения растения *M. fistulosa* синтезируют противораковой компонент тимохинон (0,3–0,6 %).

2. В фазы активного роста вегетативных и формирования генеративных органов в растениях монарды отмечен высокий уровень фенольных соединений (8,29 %), а экстрактивных веществ (33,67 %) – в фазу отрастания.

3. В процессе хранения воздушно-сухого сырья *M. fistulosa* в лабораторных условиях в течение двух лет происходили потери эфирного масла на 41,27 % и изменение его компонентного состава: уменьшение содержания терпеновых углеводов, тимол и терпеновых спиртов. Исходя из этого, хранить воздушно-сухое сырье данной культуры более двух лет нецелесообразно.

4. С целью получения эфирного масла и других продуктов переработки *M. fistulosa* в качестве технического сырья необходимо использовать верхнюю облиственную часть годичного прироста растений с соцветиями, убранные в фазу массового цветения. А в качестве лекарственного сырья – источника общих фенольных соединений (фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды и дубильные вещества) и экстрактивных веществ – растения *M. fistulosa*, убранные в фазы отрастания и «бутонизация–начало цветения».

5. Проведенные исследования показали, что предгорная зона Крыма наряду с Центральным югобережным районом Крыма является благоприятной для выращивания растений *M. fistulosa*, сырье и эфирное масло которой обладают широким спектром биологической активности и разными сферами применения. Для расширения отечественного рынка технического и лекарственного сырья, на наш взгляд, перспективно выращивание *M. fistulosa* в различных регионах России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Высочина Г.И. Род *Monarda* L. (Lamiaceae): химический состав, биологическая активность и практическое применение (обзор) // Химия в интересах устойчивого развития. – 2020. – Т. 28, № 2. – С. 107–123. – DOI: 10.15372/KhUR2020209.

2. Федотов С.В. Эфирные масла монард видов *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes Ex Lag., их хемотипы и биологическая активность // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2015. – Т. 141. – С. 131–147.
3. Компонентный состав эфирного масла травы *Monarda fistulosa* L. из коллекции Никитского ботанического сада / А.С. Никитина, А.М. Алиев, С.А. Феськов [и др.] // Химия растительного сырья. – 2018. – № 2. – С. 55–62. – DOI: 10.14258/jcprm.2018023295.
4. Цибина А.С., Куркин В.А. Актуальные аспекты фармакогностического исследования травы монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.) // Аспирантский вестник Поволжья. – 2021. – № 5–6. – С. 132–140. – DOI: 10.55531/2072-2354.2021.21.3.132-140.
5. Антимикробные свойства эфирного масла растений рода *Monarda*, культивируемых в Беларуси / Н.А. Коваленко, В.Н. Леонтьев, Г.Н. Супиченко [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 137–144. – DOI: 10.14258/jcprm.2021027638.
6. Лапина А.С., Куркин В.А. Исследование флавоноидного состава травы монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.) // Аспирантский вестник Поволжья. – 2019. – Т. 19, № 5–6. – С. 135–142. – DOI: 10.17816/2072-2354.2019.19.3.135-142.
7. Essential oils from *Monarda fistulosa*: chemical composition and activation of transient receptor potential A1 (TRPA1) Channels. / M. Ghosh, I. Schepetkin, G. Özek [et al.] // Molecules. – 2020. – Vol. 25, No. 21. – 19 p. – DOI: 10.3390/molecules25214873.
8. A Review on the Pharmacological Activity of *Monarda fistulosa* L. / C. Chung, B. Wahyudi, C. Chelovna [et al.] // Indonesian Journal of Life Sciences. – 2022. – Vol. 04, № 2. – P. 87–107. – DOI: 10.54250/ijls.v4i2.142.
9. Ермошенко И.Г. Химический состав эфирного масла монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.), культивируемой в условиях северо-востока Беларуси // Известия национальной академии наук Беларуси. Сер. биологических наук. – 2023. – Т. 68, № 2. – С. 163–168. – DOI: 10.29235/1029-8940-2023-68-2-163-168.
10. Lawson S., Satyal P., Setzer W. The Volatile Photochemistry of *Monarda* Species Growing in South Alabama // Plants. – 2021. – Vol. 10, № 3. – 13 p. – DOI: 10.3390/plants10030482.
11. Цибина А.С. Фармакогностическое исследование травы монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.): дис. ... канд. фармацевт. наук. – Самара, 2020. – 209 с.
12. Интродукция и селекция перспективных эфирносов многопланового использования в предгорном Крыму / Т.В. Платонова, Э.Д. Аметова, И.А. Новиков [и др.] // Биология растений и садоводство: теория, инновации: сб. науч. трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 146. – С. 95–103. – DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.14.
13. Савчук Л.П. Климат предгорья Крыма и эфирносы. – Симферополь, 2006. – 76 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. спец. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
15. Содержание и компонентный состав эфирного масла монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.) в зависимости от фенологической фазы / Е.Л. Маланкина, А.Н. Кузьменко, Б.Ц. Зайчик [и др.] // Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия. – 2021. – Т. 62, № 1. – С. 54–58.
16. Grzeszczuk M., Wesolowska A., Stefaniak A. Biological value and essential oil composition of two *Monarda* species flowers // Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. – 2020. – Vol. 19, № 4. – P. 105–119. – DOI: 10.24326/asphc.2020.4.10.
17. Morphobiological and Biochemical Characteristics of *Monarda* L. Varieties under Conditions of the Southern Steppe of Ukraine / V.V. Dudchenko, L.V. Svydenko, O.Ye. Markovska [et al.] // Journal of Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 21, Issue 8. – P. 99–107. – DOI: 10.12911/22998993/127093.

REFERENCES

1. Vysochina G.I., *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya*, 2020, Vol. 28, No. 2, pp. 107–123. DOI: 10.15372/KhUR2020209. (In Russ.).
2. Fedotov S.V., *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2015, Vol. 141, pp. 131–147. (In Russ.).
3. Nikitina A.S., Aliev A.M., Fes'kov S.A., Nikitina N.V., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, No. 2, pp. 55–62, DOI: 10.14258/jcprm.2018023295. (In Russ.).
4. Tsibina A.S., Kurkin V.A., *Aspirantskiy Vestnik Povolzh'ya*, 2021, No. 5–6, pp. 132–140, DOI: 10.55531/2072-2354.2021.21.3.132-140. (In Russ.).
5. Kovalenko N.A., Leont'ev V.N., Supichenko G.N., Akhramovich T.I., Fes'kova E.V., Shutova A.G., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, No. 2, pp. 137–144, DOI: 10.14258/jcprm.2021027638. (In Russ.).
6. Lapina A.S., Kurkin V.A., *Aspirantskiy Vestnik Povolzh'ya*, 2019, Vol. 19, No. 5–6, pp. 135–142, DOI: 10.17816/2072-2354.2019.19.3.135-142. (In Russ.).

7. Ghosh M., Schepetkin I., Özek G., Özek T., Khlebnikov A., Damron D., Quinn M. Essential oils from *Monarda fistulosa*: chemical composition and activation of transient receptor potential A1 (TRPA1) Channels, *Molecules*, 2020, Vol. 25, No. 21, 19 p., DOI: 10.3390/molecules25214873.
8. Chung C., Wahyudi B., Chelovna C. et al., A. Review on the pharmacological activity of *Monarda fistulosa* L., *Indonesian Journal of Life Sciences*, 2022, Vol. 04, No. 2, pp. 87–107, DOI: 10.54250/ijls.v4i2.142.
9. Ermoshenko I.G., *Izvestiya natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya biologicheskikh nauk*, 2023, Vol. 68, No. 2, pp. 163–168, DOI: 10.29235/1029-8940-2023-68-2-163-168. (In Russ.).
10. Lawson S., Satyal P., Setzer W., The volatile photochemistry of *Monarda* species growing in South Alabama, *Plants*, 2021, Vol. 10, No. 3, 13 p., DOI: 10.3390/plants10030482.
11. Tsibina A.S., *Farmakognosticheskoe issledovanie travy monardy dudchatoi (Monarda fistulosa L.)* (Pharmacognostic study of the herb *Monarda fistulosa* L.), Candidate's dissertation, Samara, 2020, 209 p. (In Russ.).
12. Platonova T.V., Ametova E.D., Novikov I.A., Polyakova N.K., *Biologiya rastenii i sadovodstvo: teoriya, innovatsii* (Plant biology and horticulture: theory, innovations), Collection of scientific works, 2018, Vol. 146, pp. 95–103, DOI: 10.25684/NBG.scbook.146.2018.14. (In Russ.).
13. Savchuk L.P., *Klimat predgor'ya Kryma i efironosy* (The climate of the foothill areas of the Crimea and essential oil crops), Simferopol, 2006, 76 p.
14. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alyans, 2011, 350 p.
15. Malankina E.L., Kuzmenko A.N., Zaychik B.Ts., Ruzhitskiy A.O., Evgrafov A.A., Kozlovskaya L.N., *Vestnik Moskovskogo. universiteta. Ser. 2, Khimiya*, 2021, Vol. 62, No. 1, pp. 54–58. (In Russ.).
16. Grzeszczuk M., Wesołowska A., Stefaniak A., Biological value and essential oil composition of two *Monarda* species flowers, *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 2020, Vol. 19, No. 4, pp. 105–119, DOI: 10.24326/asphc.2020.4.10.
17. Dudchenko V.V., Svydenko L.V., Markovska O.Ye., Sydiakina O.V., Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the southern steppe of Ukraine, *Journal of Ecological Engineering*, 2020, Vol. 21, Issue 8, pp. 99–107, DOI: 10.12911/22998993/127093.

Информация об авторах:

О.А. Пехова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник НИИ сельского хозяйства Крыма
 Л.А. Тимашева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник НИИ сельского хозяйства Крыма
 И.Л. Данилова, научный сотрудник НИИ сельского хозяйства Крыма
 И.В. Белова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник НИИ сельского хозяйства Крыма

Contribution of the authors:

O.A. Pekhova, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the Crimean Research Institute of Agriculture
 L.A. Timasheva, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the Crimean Research Institute of Agriculture
 I.L. Danilova, researcher at the Crimean Research Institute of Agriculture
 I.V. Belova, candidate of agricultural sciences, researcher at the Crimean Research Institute of Agriculture

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ В ТЫКВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЕГО В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ

А.В. Погорелов, А.И. Мельченко, В.А. Погорелова

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

E-mail: eternity1917@mail.ru

Для цитирования: Погорелов А.В., Мельченко А.И., Погорелова В.А. Накопление кадмия в тыквенных растениях в зависимости от сорта и концентрации его в атмосферных осадках // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 82–90. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-82-90.

Ключевые слова: накопление, кадмий, концентрации раствора, тыква, сорт, почва.

Реферат. Тыкву выращивают в различных регионах нашей страны, где для этого существуют благоприятные почвенные и климатические условия. Плоды этого растения обладают ценными питательными веществами и многими лечебными свойствами. Однако в последние десятилетия на территории Краснодарского края, где этой культуре уделяется большое внимание, по известным причинам наблюдается интенсивное загрязнение сельскохозяйственных растений тяжелыми металлами. Цель работы – определить накопление кадмия в тыквенном растении в зависимости от сорта и концентрации его в атмосферных осадках. Экспериментальные данные получены на лугово-черноземной почве рисового севооборота в 2020–2022 гг. В опытах использована общепринятая для Краснодарского края технология возделывания. В исследованиях приняли участие сорта тыквенных растений – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка. Аэральное нанесение раствора CdSO_4 выполнялось в фазу цветения тыквы в концентрациях 1 ПДК и 5 ПДК. В процессе исследований было выявлено, что среди изучаемых сортов тыквы наибольшим накоплением кадмия отличается сорт Ромашечка. Содержание изучаемого химического элемента в стебле сорта Ромашечка оказалось выше, чем в стебле сортов Мраморная и Прикубанская при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно на 12 и 22 %, при нанесении в 5 ПДК соответственно на 20 и 36 %. В листьях сорта Ромашечка больше содержится кадмия, чем в сортах Мраморная и Прикубанская, при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно на 21 и 28 %, при нанесении в 5 ПДК соответственно на 24 и 30 %. В эксперименте наибольшее накопление кадмия в плодах тыквы установлено для сорта Ромашечка: при нанесении раствора в 1 ПДК превышение над сортами Мраморная и Прикубанская составило соответственно в 1,4 и 1,8 раза, при нанесении в 5 ПДК, соответственно в 1,4 и 2,2 раза. Содержание кадмия в семенах тыквы изучаемых сортов было незначительным, практически на уровне контроля.

ACCUMULATION OF CADMIUM IN PUMPKIN PLANTS DEPENDING ON THE VARIETY AND ITS CONCENTRATION IN PRECIPITATION

A.V. Pogorelov, A.I. Melchenko, V.A. Pogorelova

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

E-mail: eternity1917@mail.ru

Keywords: accumulation, cadmium, solution concentrations, pumpkin, variety, soil.

Abstract. Pumpkin is grown in various regions of our country, where favorable soil and climatic conditions exist for this. The fruits of this plant have valuable nutrients and many medicinal properties. However, in recent decades, in the Krasnodar Territory, where much attention is paid to this crop, for well-known reasons, intensive contamination of agricultural plants with heavy metals has been observed. The aim of the work is to determine the accumulation of cadmium in a pumpkin plant, depending on the variety and its concentration in atmospheric precipitation. Experimental data were obtained on meadow-chernozem soil of rice crop rotation in 2020–2022. In the experiments, the cultivation technology generally accepted for the Krasnodar territory was used. The research involved varieties of pumpkin plants – Marbled, Prikubanskaya and Chamomile. The aerial application of the CdSO_4 solution was performed during the pumpkin flowering phase at concentrations of 1 MPC and 5 MPC. In the course of research, it was revealed that among the studied pumpkin varieties, the Chamomile variety differs in the greatest accumulation of cadmium. The content of the studied chemical element in the stem of the Chamomile variety turned out to be higher than in the stem of the Marbled and Prikubanskaya varieties when applying a

solution in 1 MPC by 12 and 22%, respectively, when applied in 5 MPC, by 20 and 36%, respectively. The leaves of the Chamomile variety contain more cadmium than in the Marbled and Prikubanskaya varieties, when applying a solution of 1 MPC, respectively, by 21 and 28 %, when applied in 5 MPC, respectively by 24 and 30 %. In the experiment, the greatest accumulation of cadmium in pumpkin fruits was found for the Chamomile variety – when applying a solution of 1 MPC, the excess over the Marbled and Prikubanskaya varieties was 1,4 and 1,8 times, respectively, when applied in 5 MPC, 1,4 and 2,2 times, respectively. The cadmium content in pumpkin seeds of the studied varieties was insignificant, almost at the control level.

Тыква выращивается на Кубани уже не одно десятилетие. В овощном севообороте она занимает одно из ведущих мест. Еще с переселения казаков на Кубань овощные растения, сады и виноградники считались одними из основных культур, которые обязательно должен был выращивать каждый двор.

В настоящее время выращивание сельскохозяйственных растений сопряжено с их возможным загрязнением. Оно происходит как при обработке растений химическими препаратами, так и при переносе загрязнителя воздушными потоками от различных источников.

Практически все загрязняющие окружающую среду вещества в той или иной степени оказывают негативное влияние на растительные организмы [1–4].

В последние десятилетия всё больше внимания уделяется тяжелым металлам, как опасным загрязнителям сельскохозяйственных растений [5–8]. В Краснодарском крае в последние 30–35 лет наблюдается высокий темп строительных работ. По данным Росстата, Кубань занимает второе место в России по строительству жилых комплексов, что, несомненно, ведет к загрязнению окружающей среды, в том числе тяжелыми металлами. Для строительства новых жилых комплексов требуется не только новая территория, но и более интенсивная работа заводов по выпуску строительных материалов. Кроме того, начиная с середины апреля до середины ноября десятки миллионов единиц автотранспорта проходит по дорогам, которые ведут в Крым и другие места черноморского побережья. Это дополнительный источник тяжелых металлов, которые легко распространяются воздушными потоками на различные расстояния. И, конечно, тяжелые металлы поступают на сельскохозяйственные поля Кубани при переносе их воздушными потоками из других регионов. Насколько далеко может происходить распространение загрязняющих веществ показала авария на ЧАЭС в 1986 г. Загрязнению подверглись не только территории близко расположенных от аварии республик, но и страны дальнего зарубежья. Большие площади выбыли

из сельскохозяйственного оборота, многие были переведены в статус заповедников.

Спектр влияния тяжелых металлов на растительные организмы довольно большой. Во многом это определяется свойствами самих тяжелых металлов, но немалую роль в этом воздействии играют и растения: их видовые различия, сортовые особенности, климатические и почвенные условия.

Краснодарский край в основном занимается сельскохозяйственным производством. На его территории выращивается довольно большой спектр сельскохозяйственных растений, а с 1970-х гг. выращивается рис. Для этих целей созданы и продолжают эксплуатироваться рисовые чеки. Конечно, при длительном затоплении водой некоторые свойства черноземов изменяются. Для составления рекомендаций по увеличению количества сельскохозяйственных растений, участвующих в севообороте, на полях, где выращивается рис, следует проводить дополнительные исследования. На территории Краснодарского края выполнены исследования по возможному выращиванию тыквы на таких полях. Дополнительно проведены исследования по накоплению кадмия при аэральном его выпадении на тыквенные растения нескольких сортов.

Исследования по накоплению этого химического элемента в тыквенных растениях при выращивании их на полях рисового севооборота ранее на территории Краснодарского края не проводились.

Цель исследования – определить влияние сортовых особенностей тыквенного растения и концентрации раствора кадмия в атмосферных осадках на его накопление в вегетативных и генеративных органах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в 2020–2022 гг. на севообороте Федерального научного центра риса г. Краснодара. На Кубани несколько сортов тыквы имеют наибольшие площади выращи-

вания, среди них Мраморная, Прикубанская и Ромашечка.

Объектом исследований являются тыквенные растения сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка.

По сроку созревания сорта Мраморная и Ромашечка – позднеспелые, а Прикубанская – среднего срока созревания. Масса плодов и урожайность выше для сорта Ромашечка. Различие по урожайности между сортом Ромашечка и Прикубанская составляет до 10 т/га. Содержание сахара и сухих веществ выше для сортов Ромашечка и Мраморная в сравнении с сортом Прикубанская.

На накопление различных химических элементов в тыквенном растении может сыграть определенную роль даже форма плода. Так, форма плодов у сортов Мраморная и Ромашечка сплюснутая, глубоко сегментированная. В месте прикрепления плодов наблюдается глубокое блюдце, где определенное время находится вода после выпадения осадков.

Плоды тыквы сорта Прикубанская имеют цилиндрическую форму с утолщением у цветочного конца. В месте прикрепления плода блюдца не наблюдается, они более обтекаемые в сравнении с плодами Мраморная и Ромашечка.

При выполнении работ по селекции растений селекционерами решаются определенные задачи, поэтому каждый сорт сельскохозяйственного растения имеет особенности, характерные только для него. Они в конечном итоге играют заметную роль при накоплении того или иного элемента, тяжелого металла. К таким особенностям может быть отнесена продолжительность периода вегетации, размеры вегетативной массы, урожайность.

Исследования выполнялись на делянках, каждая размером 5×5 м.

Схема расположения опытных делянок на лугово-черноземной почве рисового севооборота следующая:

Сорт тыквы Мраморная: 1-й вариант – концентрация раствора CdSO_4 при аэральном нанесении 1 ПДК, 2-й вариант – 5 ПДК.

Сорт тыквы Прикубанская: 3-й вариант – концентрация раствора CdSO_4 при аэральном нанесении 1 ПДК, 4-й вариант – 5 ПДК.

Сорт тыквы Ромашечка: 5-й вариант – концентрация раствора CdSO_4 при аэральном нанесении 1 ПДК, 6-й вариант – 5 ПДК.

Сульфат кадмия наносили в пересчете на кадмий. Повторность в опыте 6-кратная.

Между вариантами заложены боковые защитные полосы для исключения влияния соседних

растений. Концевые защитные полосы заложены шириной 5 м для предохранения учетной части делянки от случайных повреждений.

Одним из опасных химических элементов, которые загрязняют окружающую среду, является кадмий. Известно, что основным поставщиком этого опасного загрязнителя окружающей среды является человек.

Кадмий – довольно токсичный элемент для биотических организмов. Даже небольшое превышение ПДК этого металла в почве ведет к пагубным последствиям. Кадмий отличается довольно высокой мобильностью в почве, хорошо накапливается в почвенной биоте. При длительном воздействии изучаемый химический элемент может угнетать или даже уничтожать почвенную биоту. Следует подчеркнуть, что кадмий хорошо накапливается в растениях, причем он может накапливаться как корневым путем – «почва–растение», так аэральным – «осадки из атмосферы–растение».

В исследованиях многих авторов кадмий приводится как аналог кальция [6, 11]. Поэтому он довольно хорошо накапливается в некоторых почвенных организмах. Однако кадмий можно отнести к токсичным тяжелым металлам, который даже при небольших концентрациях и накоплениях может привести к тяжелым последствиям для биотических организмов.

Длительный период воздействия раствора кадмия, хроническое или при определенных условиях кратковременное, провоцирует варианты нарушения процесса фотосинтеза. Кроме того, при нахождении в почве кадмий затрудняет поглощение корневой системой растений многих микроэлементов, которые требуются для нормального роста и развития растительного организма. Наблюдается хлороз листьев.

Было установлено, что изучаемый химический элемент задерживает нормальное развитие растений, а это, в свою очередь, ведет к снижению образования репродуктивных органов или к их недоразвитости [9, 10]. Кадмий оказывает негативное влияние на содержание зеленых пигментов в листьях.

Известно токсичное влияние цинка на растительные организмы при определенных концентрациях. Кадмий более токсичен для растений, чем цинк.

Конечно, степень токсичности многих тяжелых металлов зависит и от вида сельскохозяйственных растений. Причиной этого может быть избирательность в потребности многих

элементов или их аналогов для растений. Поэтому при одинаковых почвенных и климатических условиях ответ растений на действие тех или иных химических элементов может быть разным.

Но даже если высокие концентрации кадмия не оказывают заметного влияния на урожай сельскохозяйственных культур, его накопление в продукции изменяет качественные показатели плодов.

В то же время нет информации о конкретном накоплении тяжелых металлов в вегетативной и генеративной части тыквенных растений, выращиваемых в условиях Краснодарского края. Кроме того, отсутствует информация о содержании этих загрязнителей в семенах тыквы, а они, как известно, довольно активно используются в пищевой промышленности, также семена тыквы можно использовать в пищу в сушеном и жареном виде. Нет информации и о влиянии различных концентраций тяжелых металлов на урожай тыквенных растений и т.д.

По данным [1, 6, 10] кадмий легко поглощается растениями, среднюю степень поглощения имеют цинк, молибден, медь, свинец, кобальт, мышьяк. Однако, как указывают авторы, могут быть довольно значительные различия в конкретных системах «почва–растение».

Экспериментальные данные о влиянии этого химического элемента на тыквенные растения в условия Краснодарского края в настоящее время отсутствуют. Известна информация о том, что кадмий в очень малых концентрациях требуется для организма человека. Он в основном принимает участие в регуляции сахара в крови. Однако содержание в повышенных от оптимальных значений концентрациях в организме человека может привести к токсичному воздействию. Кроме того, обнаружено его отрицательное влияние на скелет человека или другого живого организма. Это проявляется в ломкости костей.

Описание лугово-черноземной почвы рисового севооборота, на которой выполнялись исследования, приведено в работах [5, 11, 12].

Для определения фонового содержания кадмия в почве были отобраны её образцы. После подготовки и анализа почвы определено содержание изучаемого химического элемента (подвижная форма), оно составило 0,1 мг/кг. Пробы почвы отбирали в пахотном горизонте.

Черноземные почвы в силу своих характеристик [5, 11, 13] довольно хорошо снижают вертикальную миграцию многих химических

элементов, поэтому основная их часть в основном находится в верхнем слое.

На Кубани более 50 лет выращивают рис. Чеки для выращивания риса были подготовлены на лугово-черноземных почвах. За этот период в почвах произошли значительные изменения, многие из которых имеют необратимый характер. Увеличилась плотность, объемная масса почвы, снизилась пористость и водопроницаемость. Произошли безвозвратные изменения водно-физических свойств почв.

Почвы рисовых севооборотов приобретают склонность к набуханию при переувлажнении [5, 11].

Дополнительная задача, которая будет находиться в исследовании в течение следующих лет, – это возможность включить в рисовый севооборот выращивание тыквы.

Содержание кадмия в почве сельскохозяйственных угодий может различаться [5, 6, 8].

Нанесение $3\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) было выполнено в фазу начала цветения.

После сбора урожая в испытательной лаборатории «Центр качества пищевой продукции» НИИ биотехнологии и сертификации пищевой продукции, расположенной на территории Кубанского государственного аграрного университета, было определено содержание кадмия в плодах и семенах тыквы в зависимости от сорта и концентрации нанесенного раствора.

Наиболее подходящий метод для определения тяжелых металлов в растениях – метод ААС. Метод атомно-абсорбционной спектроскопии позволяет в довольно краткие сроки с большой точностью определить содержание многих тяжелых металлов в растениях. Использован спектрометр атомно-абсорбционный модификации МГА-1000. Он внесен в Государственный реестр средств измерений РФ под № 58356-14. Методика М 01-57-2017.

Агротехника возделывания тыквы – общепринятая для данного региона.

Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики [14, 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время большая часть тяжелых металлов попадает на растения и почву в виде аэрозолей. И чем больше требуется растению питательных веществ, тем больше загрязнителя в него проникает.

Известны сдерживающие факторы поступления тяжелых металлов в растения. Например, высокое содержание органического вещества в почве довольно сильно сдерживает миграцию этих токсикантов. Это же в полной мере относится и к содержанию глины в почве. Однако этот фактор очень важен при корневом поступлении загрязнителя в растение. При аэральном пути поступления поллютанта на растение в большей степени проявляется уже внекорневое проникновение загрязнителя, поэтому следует учитывать их биологические особенности.

Большую роль при этом играет пространственное расположение растения, площадь его листа, имеющееся опущение или его гидрофобность, общая масса вегетативной части растения, продолжительность вегетационного периода, глубина проникновения корневой системы, из-

бирательность в накоплении тех или иных элементов и т.д.

На лугово-черноземных почвах рисового севооборота были заложены опыты по определению влияния сортовых особенностей тыквы при нанесении кадмия. В исследовании приняли участие три сорта – Мраморная, Прикубанская и Ромашечка. Результаты исследований по накоплению кадмия в стеблях тыквы изучаемых сортов приведены на рис. 1.

В результате эксперимента получен достоверный практический материал, который позволил сделать заключение о том, что наибольшее накопление кадмия произошло в стебле тыквы сорта Ромашечка.

При нанесении раствора кадмия на растения тыквы в 1 ПДК различие в накоплении между сортами Ромашечка и Мраморная составило 12 %, а между сортами Ромашечка и Прикубанская 22 %.

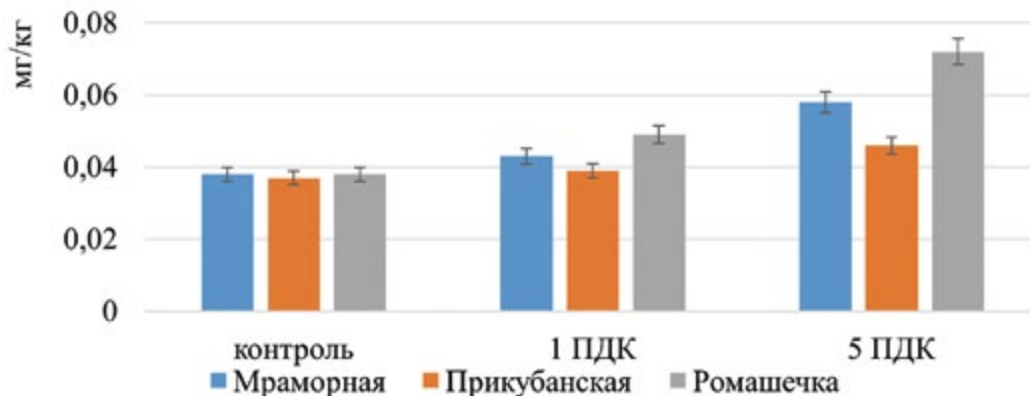


Рис. 1. Содержание кадмия в стебле тыквы сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота (2020–2022 гг.)

Cadmium content in the stem of pumpkin varieties Mramornaya, Prikubanskaya and Romashechka on meadow-chnozem soils of rice crop rotation (2020–2022)

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК разница между сортами в накоплении кадмия в стебле тыквы составила соответственно 20 и 36 %. То есть накопление кадмия в стебле тыквы при аэральном его выпадении зависит от сорта.

Более интенсивно накопление кадмия происходит в стебле сорта Ромашечка: различие в содержании этого тяжелого металла между контролем и вариантом с нанесением раствора в 1 ПДК составляет 23 %. Тогда как для сортов Мраморная и Прикубанская это различие составляет соответственно 12 и 5 %.

Наибольшим накоплением кадмия в стебле тыквенного растения отличается сорт Ромашечка и при нанесении раствора в концентрации 5 ПДК. После выполненной математической обработки материала было установлено, что различие в

содержании изучаемого химического элемента в стебле тыквы между сортом Ромашечка и сортами Мраморная и Прикубанская составило соответственно 20 и 36 %.

Различие в содержании кадмия в стебле тыквы сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка при нанесении раствора в 5 ПДК с контролем составляет соответственно в 1,5; 1,2 и 1,9 раза.

Лист в жизни растений играет важнейшую роль, выполняя многие функции, в том числе фотосинтез. Однако листва также играет большую роль в жизни животных, которые питаются листвой, а некоторые проживают в опаде. Микроорганизмы участвуют в трофических цепях на изучаемой территории. Поэтому важно знать, сколько содержится изучаемого загрязнителя в листьях, так как они играют заметную роль в

накоплении тяжелых металлов в органах растений и животных. Результаты исследований по

накоплению кадмия в листьях тыквы изучаемых сортов приведены на рис. 2.

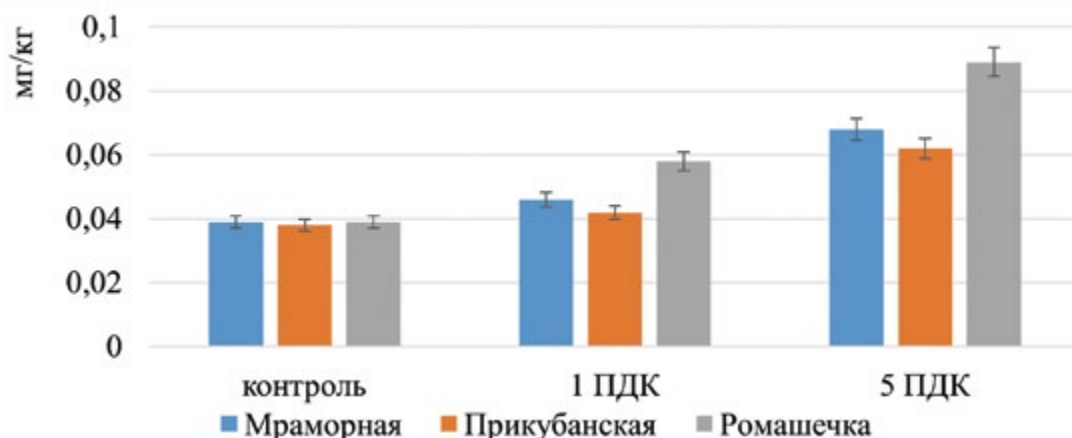


Рис. 2. Содержание кадмия в листьях тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота (2020–2022 гг.)

Cadmium content in pumpkin leaves of the Mramornaya, Prikubanskaya and Romashechka varieties on meadow-chnozem soils of rice crop rotation (2020–2022)

При поверхностном нанесении изучаемого химического элемента на растения основную роль в накоплении играет вегетативная часть.

По площади лист тыквы имеет на занимаемой почвенной территории большое превосходство над стеблем. При поверхностном нанесении загрязнителя на растение именно листва играет решающую роль в накоплении изучаемого поллютанта.

При нанесении кадмия в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в листьях сорта Мраморная оказалось выше, чем в сорте Прикубанская на 9 %, но ниже, чем в сорте Ромашечка на 21 %. Наибольшее накопление изучаемого химического элемента в листьях тыквы определено для сорта Ромашечка, больше, чем в сорте Прикубанская в 1,4 раза.

Интенсивность в накоплении изучаемого химического элемента выше для сорта Ромашечка, различие между контролем и вариантом с нанесением раствора кадмия в 1 ПДК составляет 33 %. Для других изучаемых сортов она менее выражена: для сорта Мраморная – 16 %, а для сорта Прикубанская – 10 %.

При нанесении раствора кадмия на листовую поверхность тыквенного растения в концентрации 5 ПДК было установлено, что наибольшее его накопление произошло в листьях сорта Ромашечка. Превышение над сортами Мраморная и Прикубанская соответственно составило 24 и 30 %.

Различие в накоплении кадмия в листьях сортов Мраморная, Прикубанская и Ромашечка

при нанесении раствора изучаемого химического элемента в 5 ПДК и контролем составило соответственно 1,7; 1,6 и 2,3 раза.

Конечно, листья тыквенных растений участвуют в некоторых пищевых цепях животных организмов, но выращивают тыкву для получения плодов. Так как плоды тыквы составляют определенную долю в пищевом режиме человека, требуется выяснить, сколько накапливается в них кадмия. От этого будет зависеть, каким образом их можно будет использовать. Результаты исследований приведены на рис. 3.

Известно, что исследования, выполненные в полевых условиях, в отличие от эксперимента, проведенного в вегетационных сосудах, не требуют дополнительных, проверочных. В полевых условиях растение находится под влиянием всех факторов окружающей среды. Полученный экспериментальный материал позволил сделать вывод о том, что наибольшим накоплением кадмия в плодах тыквы отличается сорт Ромашечка.

В результате проведенного полевого эксперимента было установлено, что при нанесении раствора кадмия на растения в концентрации 1 ПДК содержание загрязнителя в плодах тыквы сорт Ромашечка было выше, чем для сорта Мраморная в 1,4 раза, а для сорта Прикубанская – в 1,8 раза. При нанесении раствора кадмия на растения в 5 ПДК, содержание загрязнителя в плодах тыквы сорта Ромашечка, по сравнению с сортом Мраморная, увеличилось в 1,4 раза, а с сортом Прикубанская – в 2,2 раза.

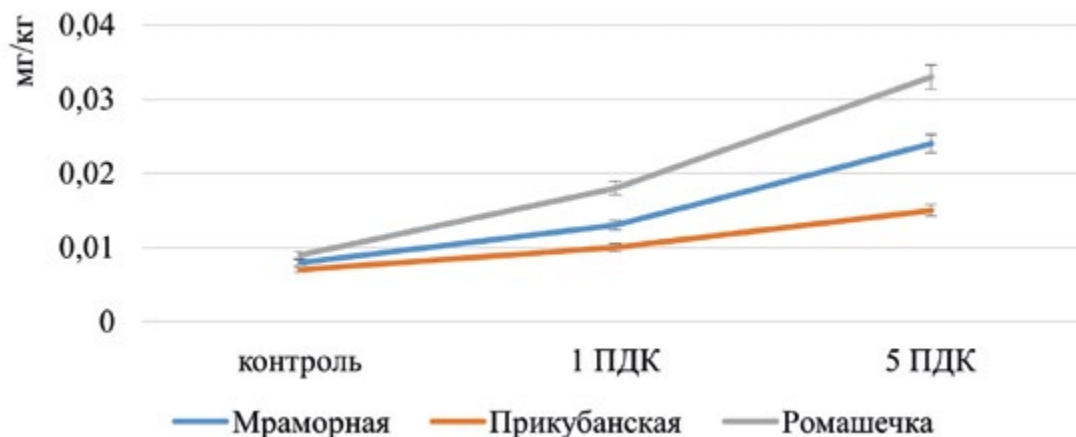


Рис. 3. Содержание кадмия в плодах тыквы сорта Мраморная, Прикубанская и Ромашечка на лугово-черноземных почвах рисового севооборота (2020–2022 гг.)

Cadmium content in pumpkin fruits of the Mramornaya, Prikubanskaya and Romashechka varieties on meadow-chnozem soils of rice crop rotation (2020–2022)

В результате эксперимента установлена существенная разница (на 5%-м уровне значимости) в содержании кадмия в плодах тыквы в зависимости от сорта, как при нанесении раствора в 1 ПДК, так и в 5 ПДК (см. рис. 3).

При нанесении раствора кадмия в 5 ПДК на растения тыквы накопление загрязнителя в плодах сорта Ромашечка превысило значения допустимых концентраций для употребления их в пищу. ПДК содержания кадмия в плодах тыквы для возможного употребления их в пищу составляет 0,03 мг/кг.

Семена тыквы обладают ценными питательными и лечебными свойствами [16, 17]. Их потребляют в пищу не только человек, но представители животного мира. Из семян тыквы получают ценнейшие масла, муку, которая потом с успехом применяется при выпечке хлебобулочных изделий. По этой причине была определена концентрация кадмия в семенах тыквы в зависимости от исследуемых сортов и концентраций аэрального нанесения раствора изучаемого химического элемента.

После выполненной экспериментальной работы было установлено, что содержание кадмия

в семенах изучаемых вариантов не превышало содержания его в контрольных образцах.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что сорт Ромашечка отличается наибольшим накоплением кадмия в вегетативных и генеративных органах.

2. Содержание кадмия больше в стебле сорта Ромашечка, чем стебле сортов Мраморная и Прикубанская, при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно на 12 и 22 %, при нанесении в 5 ПДК соответственно на 20 и 36 %.

3. Больше содержится кадмия в листьях сорта Ромашечка, чем в сортах Мраморная и Прикубанская, при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно на 21 и 28 %, при нанесении в 5 ПДК – соответственно на 24 и 30 %.

4. В плодах тыквы сорта Ромашечка содержалось кадмия больше, чем в плодах сорта Мраморная и Прикубанская, при нанесении раствора в 1 ПДК соответственно в 1,4 и 1,8 раза, при нанесении раствора в 5 ПДК соответственно в 1,4 и 2,2 раза.

5. Содержание кадмия в семенах тыквы изучаемых сортов было не значительным, практически на уровне контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Науменко О.А., Саблина Е.В., Кабышева М.И. Исследование механизма повреждающего действия избыточных концентраций кадмия на состояние антиоксидантных ферментов кресс-салата // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 10(159). – С. 205–207. – EDN: ROBJJJ.

2. Гераськин С.А., Дикарев А.В., Лыченкова М.А. Дифференциация сортов ячменя по устойчивости к кадмию сохраняется на протяжении всего жизненного цикла растений // *Агрохимия*. – 2021. – № 2. – С. 78–85. – DOI: 10.31857/S0002188121020071.
3. Четырбоцкий В.А., Четырбоцкий А.Н. Оценка загрязнения кадмием агроценоза методами математического моделирования // *Агрохимия*. – 2020. – № 4. – С. 85–93. – DOI: 10.31857/S0002188120040031.
4. Влияние приемов биологизации на содержание некоторых тяжелых металлов в почве и виноградном растении / О.Е. Клименко, Ю.В. Плугарь, Н.И. Клименко, Н.Н. Клименко // *Агрохимия*. – 2019. – № 7. – С. 83–96. – DOI: 10.1134/S0002188119070056.
5. Вальков В.Ф., Денисова Т.В., Казеев К.Ш. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты. – Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального ун-та, 2010. – 416 с. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/47072.html> (дата обращения: 20.12.2024).
6. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л., 1987. – 140 с. – EDN: SGUQRR.
7. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами / А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нещадим, Н.Г. Гайдукова, И.В. Шабанова // *Агрохимия*. – 2019. – № 1. – С. 19–28. – DOI: 10.1134/S0002188119010095.
8. Аристархов А., Лунев М., Павлихина А. Эколого-агрохимическая оценка состояния пахотных почв России по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов // *Международный сельскохозяйственный журнал*. – 2016. – № 6. – С. 42–48. – EDN: XCDFND.
9. Влияние ионов кадмия на некоторые биофизические параметры и ультраструктуру клеток *Ankistrodesmus* sp. В-11 / Б.К. Заядан, А.К. Садвакасова, Д.Н. Маторин [и др.] // *Физиология растений*. – 2020. – Т. 67. – № 5. – С. 501–511. – DOI: 10.31857/S0015330320040193.
10. Казнина Н.М. Влияние кадмия на физиологические процессы и продуктивность растений семейства *Roaceae* // *Успехи современной биологии*. – 2013. – Т. 133, № 6. – С. 588–603. – EDN: RTMBWN.
11. Изменение свойств лугово-черноземной почвы рисового агроценоза при применении удобрений / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Х.Д. Хурум, Ю.Н. Ашинов // *Плодородие*. – 2023. – № 2. – С. 80–82. – DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.18.
12. Гуторова О.А., Романенков В.А., Шеуджен А.Х. Динамика показателей плодородия лугово-черноземной почвы при длительном возделывании риса // *Агрохимия*. – 2019. – № 10. – С. 25–34. – DOI: 10.1134/S0002188119100077.
13. Оценка экотоксичности почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами / И.О. Плеханова, О.А. Золотарева, И.Д. Тарасенко, А.С. Яковлев // *Почвоведение*. – 2019. – № 10. – С. 1243–1258. – DOI: 10.1134/S0032180X19100083.
14. Статистические методы анализа данных / И.А. Кацко, Н.Х. Ворокова, А.Е. Жминько, А.Е. Сенникова. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 203 с. – EDN: ZTJSRL.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш.-х. уч. завед. – М., 2011. – 351 с. – EDN: QLCQEP.
16. Исследование свойств семян сортообразцов тыквы (*Cucurbita*) для механизированного выращивания в условиях умеренной зоны / А.В. Гончаров, В.Г. Шаген, А.Г. Левшин [и др.] // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. – 2022. – Т. 15, № 1(72). – С. 121–128. – DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_121.
17. Сапожников А.Н., Копылова А.В., Габрельян Е.Э. Использование муки из мякоти и семян тыквы в рецептурах мучных изделий // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 3. – С. 199–209. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-199-209.

REFERENCES

1. Naumenko O.A., Sablina E.V., Kabysheva M.I., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, No. 10(159), pp. 205–207, EDN: ROBJJJ. (In Russ.)
2. Geraskin S.A., Dikarev A.V., Lychenkova M.A., *Agrokhimiya*, 2021, No. 2, pp. 78–85, DOI: 10.31857/S0002188121020071. (In Russ.)
3. Chetverbotzky V.A., Chetverbotzky A.N., *Agrokhimiya*, 2020, No. 4, pp. 85–93, DOI: 10.31857/S0002188120040031. (In Russ.)
4. Klimenko O.E., Plugar Yu.V., Klimenko N.I., Klimenko N.N., *Agrokhimiya*, 2019, No. 7, pp. 83–96, DOI: 10.1134/S0002188119070056. (In Russ.)
5. Valkov V.F., Denisova T.V., Kazeev K.S., *Plodorodie pochv i sel'skokhozyaystvennyye rasteniya: ekologicheskie aspekty* (Soil fertility and agricultural plants: ecological aspects), Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo un-ta, 2010, 416 p., URL: <https://www.iprbookshop.ru/47072.html>.

6. Alekseev Yu.V., *Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh* (Heavy metals in soils and plants), Leningrad, 1987, 140 p., EDN: SGUQRR.
7. Sheudzhen A.H., Neschadim N.N., Gaidukova N.G., Shabanova I.V., *Agrokimiya*, 2019, No. 1, pp. 19–28, DOI: 10.1134/S0002188119010095. (In Russ.)
8. Aristarkhov A., Lunev M., Pavlikhina A., *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 2016, No. 6, pp. 42–48, EDN: XCDFND. (In Russ.)
9. Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Matorin D.N. i dr., *Fiziologiya rasteniy*, 2020, T. 67, No. 5, pp. 501–511, DOI: 10.31857/S0015330320040193. (In Russ.)
10. Kaznina N.M., *Uspekhi sovremennoy biologii*, 2013, No. 133(6), pp. 588–603, EDN: RTMBWN. (In Russ.)
11. Sheudzhen A.H., Gutorova O.A., Hurum H.D., Ashinov Yu.N., *Plodorodie*, 2023, No. 2, pp. 80–82, DOI: 10.25680/S19948603.2023.131.18. (In Russ.)
12. Gutorova O.A., Romanenkov V.A., Sheudzhen A.H., *Agrokimiya*, 2019, No. 10, pp. 25–34, DOI: 10.1134/S0002188119100077. (In Russ.)
13. Plekhanova I.O., Zolotareva O.A., Tarasenko I.D., Yakovlev A.S., *Pochvovedenie*, 2019, No. 10, pp. 1243–1258, DOI: 10.1134/S0032180X19100083. (In Russ.)
14. Katsko I.A., Voronkova N.H., Zhminko A.E., Sennikova A.E., *Statisticheskie metody analiza dannykh* (Statistical methods of data analysis), Krasnodar: KubGAU, 2017, 203 p., EDN: ZTJSRL.
15. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2011, 351 p., EDN: QLCQEP.
16. Goncharov A.V., Shagen V.G., Levshin A.G., Pivovarov V.F., Gasparyan I.N., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, Vol. 15, No. 1(72), pp. 121–128, DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_121. (In Russ.)
17. Sapozhnikov A.N., Kopylova A.V., Gabrelyan E.E., *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 3, pp. 199–209, DOI: 10.36718/1819-4036-2022-3-199-209. (In Russ.)

Информация об авторах:

А.В. Погорелов, соискатель

А.И. Мельченко, доктор биологических наук, профессор

В.А. Погорелова, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

A.V. Pogorelov, the applicant

A.I. Melchenko, doctor of biological sciences, professor

V.A. Pogorelova, candidate of biological sciences, associate professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УЛУЧШЕНИЕ ОКРАСКИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ СОРТА ПИНК ЛЕДИ

¹Т.Г. Причко, ²Ю.В. Митник, ¹Т.Л. Смелик, ³К.В. Головки

¹ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

²ООО «Фреш-Форма», Москва, Россия

³ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

E-mail: prichko@yandex.ru

Для цитирования: Оптимизация технологических приемов, обеспечивающих улучшение окраски плодов яблони сорта Пинк Леди / Т.Г. Причко, Ю.В. Митник, Т.Л. Смелик, К.В. Головки // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 91–100. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-91-100.

Ключевые слова: плоды яблони, окраска, антоцианы, технологические приемы, фарнезен.

Реферат. Изучались технологические приемы по улучшению окраски плодов позднего сорта Пинк леди для уменьшения поражения физиологическим заболеванием – «загаром» во время хранения в условиях ЗАО «Юбилейное» Краснодарского края. Учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам. Было установлено, что содержание антоцианов было увеличено в кожуре плодов в 2,0 раза при применении дефолиации и в 3,2 раза при совместном применении дефолиации и светоотражающей пленки, при этом содержание антоцианов составило 50,3 мг% (в контроле – 15, мг%). В 3,8 раза выше эффективность в усилении окраски, даже на плодах, находящихся в нижней части кроны (содержание антоцианов 58,4 мг%), наблюдалась при дополнительном проведении предуборочной обработки за 7 дней до предполагаемого сбора регулятором роста ХЭФК, действующим веществом которого является 2-хлорэтилфосфоновая кислота. Учитывая, что препарат ХЭФК вызывает ускоренное созревание плодов, то перед закладкой на хранение была выполнена широко применяемая в настоящее время при хранении плодов послеуборочная обработка ингибитором этилена – препаратом на основе 1-метилциклопропена (1-МЦП), позволяющим после пяти месяцев хранения в охлаждаемых условиях обычной атмосферы лучше удерживать твердость мякоти (8,6 кг/см²), снизить эффективность выделения этилена (0,52 ppm), расход питательных веществ при хранении плодов, а также уровень накопления фарнезена (4,59 мкг/см²) и замедлить скорость его перехода в окисленные формы (0,32 мкг/см²), с чем связано развитие «загара» на кожуре плодов.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL METHODS THAT HELP IMPROVE THE COLOR OF THE FRUITS OF THE PINK LADY APPLE TREE

¹T.G. Prichko, ²Yu.V. Mitnik, ¹T.L. Smelik, ³K.V. Golovko

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking”, Krasnodar, Russia

²Fresh-Forma LLC, Moscow, Russia

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina”, Krasnodar, Russia

E-mail: prichko@yandex.ru

Keywords: apple fruits, coloring, anthocyanins, technological methods, farnesene.

Abstract. Technological methods were studied to accelerate the ripening of fruits of the late Pink Lady variety to reduce the damage to fruits by a physiological disease - “tanning” during storage in the conditions of JSC Yubileinoe, Krasnodar Territory. Records and observations were carried out according to generally accepted methods. It was found that the content of anthocyanins in the skin of fruits was increased by 2.0 times when using a defoliant, and 3.2 times when using a defoliant and reflective film together, while the anthocyanin content was 50.3 mg% (in the control - 15. mg%). A 3.8 times higher efficiency in enhancing color, even on fruits located in the lower part of the crown (anthocyanin content 58.4 mg%), was observed with additional pre-harvest treatment 7 days before the intended harvest with the growth regulator HEFC, the active ingredient of which

is 2-chloroethylphosphonic acid. Considering that the drug HEFC causes accelerated ripening of fruits, before storing fruits, post-harvest treatment with an ethylene inhibitor, a drug based on 1-methylcyclopropene (1-MCP), which is widely used nowadays, was carried out, allowing after 5 months of storage in refrigerated conditions of normal atmosphere (OA), it is better to maintain the hardness of the pulp (8.6 kg/cm²), reduce the efficiency of ethylene release (0.52 ppm), the consumption of nutrients during fruit storage, as well as the level of accumulation of farnesene (4.59 µm/cm²) and slow down the rate of its transition to oxidized forms (0.32 µm/cm²), which is associated with the development of “tanning” on the skin of the fruit.

Яблоки являются востребованными плодами на мировом рынке благодаря своей высокой питательной ценности, длительной лежкости, привлекательному товарному виду, великолепному цвету, хорошему аромату. Товарный вид яблок влияет на их цену и востребованность на рынке [1–4]. Покровная окраска яблок варьирует от зеленого до красного в зависимости от сорта. Потребители ассоциируют красные яблоки со спелостью и хорошим вкусом. Следовательно, сорта красных яблок часто имеют лучшую товарность и более высокую экономическую ценность. Созревание плодов яблони сопровождается значительными биохимическими и физиологическими изменениями в связи с наблюдающимися в настоящее время высокими температурами вегетационного периода. Естественная окраска плодов яблони красных сортов в период их роста достигается за счет большой разницы температур в ночное и дневное время. Однако на многих территориях, где культивируют яблони, в частности на равнинных и степных участках Краснодарского края, наблюдается отсутствие больших перепадов температур, и поэтому во многих хозяйствах сроки уборки постоянно сдвигают с целью, чтобы яблоки приобрели хоть какой-то окрас. При этом пропускаются оптимальные сроки уборки плодов, яблоки начинают осыпаться, а те, что удастся собрать, обладают низким потенциалом к длительному хранению. Выращиваемые плоды яблони в условиях региона не всегда приобретают ожидаемую окраску при съеме. Красный цвет является результатом высокого накопления антоцианов. Независимо от эстетической привлекательности антоцианы являются важным показателем пищевых качеств яблок. Многие факторы влияют на интенсивность окраски плодов. Одним из основных факторов, влияющих на накопление антоцианов в яблоках, является свет. Затененные плоды обычно имеют плохую окраску из-за недостаточного воздействия солнечного света [5–8].

Чтобы способствовать накоплению антоцианов, во время созревания яблок используются такие методы подготовки к сбору урожая, как увеличение воздействия солнечного света путем

укладки светоотражающей пленки под деревьями, а также дефолиация – удаление листьев, создающих затенение кроны дерева. Эффективным приемом также является применение регуляторов роста для улучшения окраски плодов.

Антоцианы не только защищают растения от физиологических заболеваний, но и играют роль в реакции на биотические и абиотические стрессорные воздействия окружающей среды. Плоды, богатые антоцианами, популярны благодаря своим антиоксидантным свойствам и способности поглощать активные формы кислорода (АФК) [9–10].

Улучшить окраску яблок можно, используя обработку регуляторами роста, позволяющими не только придать плодам привлекательный вид, но и улучшить вкусовые качества яблок. Необходимо тщательно подбирать концентрацию препаратов для обработки, так как обработка препаратами с содержанием хлорэтилфосфоновой кислоты приводит к выделению этилена, т. е. биологического гормона созревания плодов, что приводит к ускоренному созреванию яблок и преждевременному опадению, хотя и усиливает окрас яблок [11–12].

Цель исследования – оптимизация технологических приемов, способствующих улучшению окраски плодов яблони сорта Пинк леди.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье представлены данные исследований 2022–2023 гг. Опыты заложены в ЗАО «Юбилейное» Краснодарского края. Объекты исследования – яблоня (*Malus domestica* Borkh.), сорт Пинк леди 2018–2019 гг. посадки. Крона конусовидная с обильным загущением ветвей.

Варианты опыта:

Контроль – без применения технологических приемов.

Вариант 1 – применение светоотражающей пленки. Светоотражающая пленка изготовлена из алюминиевой фольги и полиэтиленовой пленки высокой плотности, позволяет плодам получить достаточное количество света для созревания со

всех сторон. Расстилается под кронами деревьев за 15–20 дней до съема плодов.

Вариант 2 – дефолиация листьев. Дефолиация – процесс прореживания листьев для улучшения освещенности плодов на дереве, выполняется механическим путем.

Вариант 3 – дефолиация и применение светоотражающей пленки.

Вариант 4 – применение препарата ХЭФК. Регулятор роста (ХЭФК) для улучшения окраски, действующее вещество 2-хлорэтилфосфоновая кислота 65 %, применялся в концентрации 0,1 % за 7–10 дней до предполагаемого сбора плодов.

Учеты и наблюдения проводили согласно следующим методикам: «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [13], «Методики опытного дела и методические рекомендации» [14], «Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству» [15]. Товарные и химические показатели плодов определяли с использованием следующих методов и оборудования: твердость мякоти – пенетрометр *FT-372* с диаметром плунжера 10 мм [15]; растворимые сухие вещества – рефрактометр *PAL-3* [15]; общие сахара – методом Бертрана (ГОСТ 8756.13–87); крахмал – йод-крахмальным методом с раствором Люголя [15]; титруемые кислоты – титрованием 0,1*N* раствором *NaOH* [15]; витамин *C* – йодометрический метод с йодатом калия; витамин *P*, антоцианы – колориметрический на ФЭК-60М (в модификации Л.И. Вигорова); фарнезен и продукты его окисления – спектрофотометрически (СФ-201), интенсивность выделения этилена на анализаторе этилена *ICA-56*, вкус плодов – органолептической оценкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Яблоки сорта Пинк Леди имеют высокий спрос у потребителя благодаря высоким товарным, вкусовым качествам и пищевой ценности. По показателям качества плоды в съемной зрелости, которая в условиях юга России наступает в третьей декаде ноября, – это крупные плоды (180–200 г), имеющие достаточно высокую твердость мякоти 10,0–10,5 кг/см², большое содержание крахмала 4–5 баллов, сахаров 13,1–13,6 %. Потенциал лежкости плодов высокий, запас крахмала обеспечит длительное хранение до 4–5 мес.

в охлаждаемых условиях, 6–7 мес. при хранении в регулируемой среде.

Плоды хорошо хранятся, однако имеют самые поздние сроки созревания при возделывании в условиях юга России. Исходя из результатов предыдущих лет следует, что на плохо окрашенных плодах при хранении проявляется «загар» кожицы, что связано со степенью зрелости плодов. Уборку яблок этого сорта необходимо проводить в конце ноября, но в условиях юга России в это время часто идут обильные дожди, а в последние годы уже с 8–10 ноября наблюдается резкое понижение температур – до минус 5–8 градусов (2022 г.). В 2023 г. по состоянию на 22 ноября отмечено понижение температур до минус 3–5 °С в сочетании с обильными дождями. Поэтому переносить сроки уборки на очень поздние сроки опасно из-за повреждения низкими температурами, приводящими к появлению бурых пятен на кожице яблок. Обильные дожди способствуют растрескиванию кожицы у «чашечки» яблока, приводящему в дальнейшем к загниванию плодов.

Учитывая то, что при хранении яблоки этого сорта при ранних сроках уборки становятся бурыми, что ухудшает товарный вид плодов, нами был выполнен ряд технологических мероприятий, позволяющих решить проблему улучшения товарного вида яблок в саду. В число таких мероприятий входило: использование светоотражающей пленки (вариант 1), дефолиация, удаление листьев в загущенных местах кроны (вариант 2), дефолиация и применение светоотражающей пленки (вариант 3), использование регулятора роста (вариант 4), применяемого для усиления синтеза антоцианов, обеспечивающих усиление окраски плодов.

Основной причиной, сдерживающей начало уборки плодов яблони сорта Пинк Леди, является отсутствие интенсивной окраски, особенно на яблоках, находящихся в нижней части кроны дерева (рис. 1).

В ходе двухлетних наблюдений отмечено улучшение окраски плодов в результате применения технологических приемов.



a



б

Рис. 1. Окраска яблок сорта Пинк Леди перед уборкой урожая: а – низ кроны; б – верх кроны
 Coloring of Pink Lady apples before harvesting: a – bottom of the crown; b – top of the crown

Одним из приемов, применяемых в саду для улучшения окраски плодов, было размещение фольги (пленки) под кроной дерева (вариант 1), которая за счет своей отражающей способности направляет солнечные лучи внутрь кроны. Использование светоотражающей фольги под кроной дерева способствовало улучшению окраски плодов на 5–8 % (рис. 2).

Дефолиация (вариант 2), удаление листьев в загущенной части кроны, также способствовала

улучшению окраски яблок, находящихся внутри кроны. Дефолиация – процесс искусственного удаления листьев, проводился в нижней части кроны дерева с помощью специального оборудования. Удаление листьев по периферии кроны способствовало улучшению окраски яблок сорта Пинк леди в сравнении с контролем на 10 % (рис. 3).



Рис. 2. Применение отражающей пленки для улучшения окраски плодов, сорт Пинк Леди
 Use of reflective film to improve fruit colour, Pink Lady variety



Рис. 3. Применение процесса дефолиации листьев
 Application of leaf defoliation process

При совместном применении дефолиации с отражающей пленкой (вариант 3) эффект по улучшению окраски был увеличен почти в два раза, при этом содержание антоцианов увеличи-

лось в 2,0–3,3 раза в сравнении с контролем. Так, в опыте содержание антоцианов 30,2–50,3 мг%, в контроле – 15,4 мг% (рис. 4).



a



б



в



г

Рис. 4. Изменение окраски плодов яблок сорта Пинк Леди в результате применения технологических приемов: *a* – контроль; *б* – применение дефолиатора (вариант 2); *в* – дефолиатор и отражающая пленка (вариант 3); *г* – обработка ХЭФК (вариант 4)

Change in the color of Pink Lady apples as a result of using technological methods: *a* – control; *б* – use of defoliator (option 2); *в* – defoliator and reflective film (option 3); *г* – treatment with CEFC (option 4)

Красные плоды не только привлекательны для потребителей, но и богаты антоцианами, увеличивающими лечебные свойства плодов. Максимальное увеличение окраски было получено в варианте с применением обработки плодов в саду регулятором роста – ХЭФК (вариант 4).

Даже в нижней части кроны деревьев плоды имели привлекательную окраску розового цвета по всей коже, что обеспечило высокое содержание антоцианов, достигающее 56,0–58,4 мг%.

В контроле содержание антоцианов в коже яблок в плохо окрашенных плодах, убранных с

нижней части кроны, подчеркивает их низкое содержание (15,4 мг%).

В результате применяемых технологических приемов плоды яблони сорта Пинк Леди в третьей

декаде ноября имели следующие химические показатели (табл. 1). По результатам опыта, как в 2022 г., так и в 2023 г., отмечено улучшение окраски плодов в вариантах 3 и 4.

Таблица 1

Показатели качества плодов яблони сорта Пинк Леди (2022–2023 гг.)

Quality indicators of the Pink Lady apple tree fruit (2022–2023)

Сорт, вариант	Твердость мякоти, кг/см ²	Крахмал, балл	Сухие вещества, %	Кислотность, %	Антоцианы в кожице, мг%	Интенсивность выделения этилена, ppm
2022 г.						
Контроль	10,0	10	14,4	0,60	13,8	0,42
Вариант 1	10,4	8	14,5	0,61	21,8	0,38
Вариант 2	10,2	9	14,3	0,60	23,8	0,40
Вариант 3	10,4	9	14,5	0,60	47,6	0,42
Вариант 4	9,9	10	15,0	0,59	56,0	0,52
НСР ₀₅	0,2	0,8	0,2	0,07	19,2	0,05
2023 г.						
Контроль	9,9	10	13,4	0,60	15,4	0,55
Вариант 1	10,0	9	13,8	0,62	23,4	0,45
Вариант 2	9,9	10	13,9	0,62	30,2	0,46
Вариант 3	10,0	9–10	14,0	0,60	50,3	0,45
Вариант 4	9,8	9–10	14,0	0,61	58,4	0,60
НСР ₀₅	0,3	0,5	0,2	0,01	19,1	0,02

В контрольном варианте отмечено низкое содержание сухих веществ, антоцианов, в отличие от опытных вариантов, в которых содержание антоцианов почти в 2,0–3,8 раза превышает содержание в контроле.

В период хранения неокрашенные плоды сорта Пинк Леди подвержены физиологическим заболеваниям в виде побурения кожицы («загар»), что отрицательно сказывается на товарных качествах яблок.

Чтобы установить вероятность проявления побурения кожицы у неокрашенных плодов, выполнены исследования по определению содержания фарнезена и его окислов, которые говорят о наличии фарнезена в плодах (1,33 мкм/см²) и начале его перехода в окислы (0,38 м/см²), что может проявиться в изменении окраски кожицы плодов, связанном с побурением, или «загаром». (табл. 2).

Таблица 2

Содержание фарнезена в плодах яблони сорта Пинк леди в начале съемной зрелости

Farnesene content in Pink Lady apple fruits at the beginning of harvest maturity

Вариант	Фарнезен, мкм/см	Окись фарнезена, мк м/см
Окрашенные	0,82	0,42
Слабоокрашенные, низ дерева	1,33	0,38
Интенсивно окрашенные, верх дерева	0,86	0,28

Более окрашенные в результате применения регулятора роста ХЭФК плоды и плоды, прошедшие послеуборочную обработку метилциклопропеном (1-МЦП), были заложены на длительное хранение с целью изучения качественных показателей плодов.

При определении фарнезена и его окислов в более поздние сроки уборки установлено, что количество как фарнезена, так и его окислов в яблоках увеличивается значительно, достигая 8,4 и 1,37 мкм/см² (табл. 3).

Таблица 3

Средние показатели качества плодов яблок сорта Пинк Леди перед закладкой на хранение (2022–2023 гг.)
Average quality indicators of Pink Lady apples before storage (2022–2023)

Сорт, вариант	Твердость мякоти, кг/см ²	Сухие вещества, %	Кислотность, %	Антоцианы в кожице, мг%	Интенсивность выделения этилена, ppm	Фарнезен, мкм/см ²	Окись фарнезена, мкм/см ²	Вероятность развития «загара»
Контроль (из сада)	8,8	14,0	0,58	24,2	3,2	8,4	1,37	+++++
Обработка 1-МЦП	9,0	14,0	0,60	22,8	0,2	6,4	1,15	+++
Обработка ХЭФК+1-МЦП	9,1	14,5	0,58	64,2	4,8	6,0	0,89	++

Обработка яблок в саду препаратом ХЭФК как внизу кроны, так и вверху способствовала улучшению окраски плодов, снижению интенсивности образования фарнезена и скорости перехода его в окисленные формы, что говорит о малой вероятности развития «загара». Плоды, обработанные ХЭФК, имеют в 2,2–2,7 раза выше содержание антоцианов – до 54,4 мг% внизу кроны и 64,2 мг% – в верхней части кроны. Обработанные препаратом ХЭФК плоды имеют более высокую интенсивность выделения этилена, это говорит о том, что плоды после обработки быстрее дозревают. Так как они быстрее дозревают, уровень накопления фарнезена у них ниже, он составил 6,0 мкм/см². Но степень перехода в окисленные формы фарнезена еще высокая (0,89 мкм/см²), хотя ниже, чем у плодов без обработки ХЭФК (1,37 мкм/см²).

Послеуборочная обработка плодов Пинк леди ингибитором этилена (1-МЦП) снизила интенсивность выделения этилена, уменьшила скорость синтеза фарнезена и перехода его в окисленные

формы, что подчеркивает наименьшую вероятность развития побурения кожицы.

Контрольный вариант: яблоки плохо окрашены (низкое содержание антоцианов 24,2–22,8 мг%), фарнезен высокий (8,4 мкм/см²), что предполагает большую вероятность развития «загара» на яблоках.

Обработка ингибитором этилена – это эффективный технологический прием как для снижения скорости образования фарнезена, так и интенсивности перехода его в окисленные формы. Для длительного хранения плоды после съема обработаны препаратом с 1-МЦП, позволяющим свести к минимуму производство этилена в яблоках, что значительно продляет сроки хранения плодов с одновременным поддержанием высоких качественных параметров. С учетом обработки отмечалось последовательное снижение твердости мякоти, кислотности, увеличение содержания сухих веществ, в целом плоды оставались привлекательными с гармоничным содержанием сахара и кислоты (табл. 4).

Таблица 4

Средние показатели качества плодов яблони сорта Пинк Леди в процессе хранения (2022–2023 гг.)
Average quality indicators of Pink Lady apple fruits during storage (2022–2023)

Вариант	Твердость мякоти, кг/см ²	Сухие вещества, %	Кислотность, %	Антоцианы в кожице, мг%	Фарнезен, мкм/см	Окись фарнезена, мкм/см	Интенсивность выделения этилена, ppm
3 мес. хранения							
1-МЦП	8,9	14,5	0,57	24,8	5,14	0,22	0,62
ХЭФК+1-МЦП	8,6	15,0	0,54	65,8	4,87	0,13	0,35
5 мес. хранения							
1-МЦП	8,6	14,6	0,55	32,4	4,59	0,32	0,52
ХЭФК+1-МЦП	8,0	15,5	0,52	69,5	3,67	0,11	0,54

Следует отметить, что обработка плодов в саду препаратом ХЭФК позволила получить интенсивно окрашенные плоды (содержание антоцианов 65,8–69,5 мг%), и при этом сохранить твердость и хорошие товарные качества.

При хранении в течение 5 мес. количество фарнезена в результате применения ХЭФК в яблоках уменьшалось с 6,0 до 3,67 мкм/см, окись фарнезена с 0,89 до 0,11 мкм/см, проявление побурения кожицы на плодах не отмечено (рис. 5).

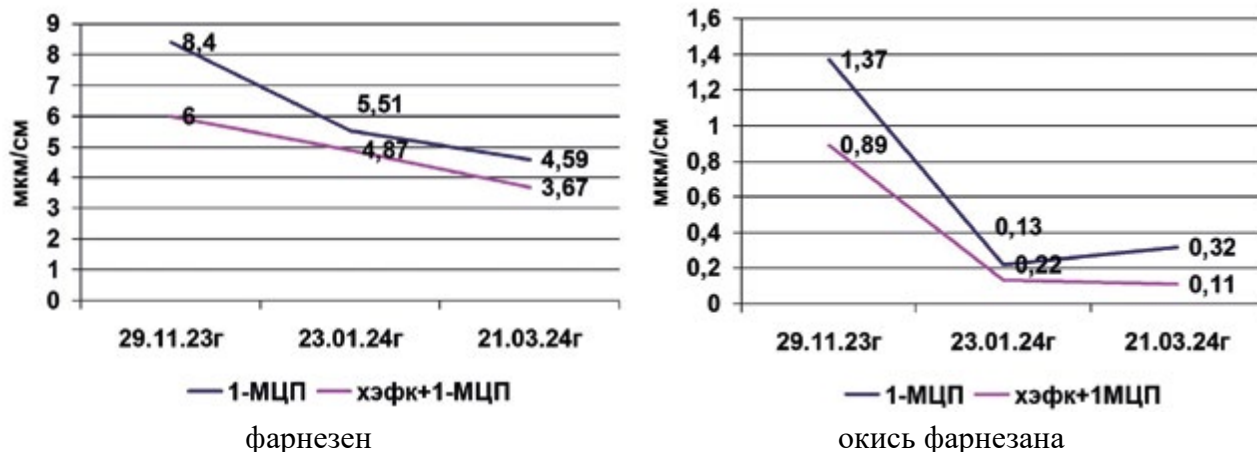


Рис. 5. Динамика показателей фарнезена и его окиси в процессе хранения плодов яблоки сорта Пинк Леди
Dynamics of farnesene and its oxide indicators during storage of Pink Lady apple fruits

ВЫВОДЫ

1. Изучение технологических приемов (использование светоотражающей пленки, применение дефолиации, совместное использование дефолиации и светоотражающей пленки, регулятора роста ХЭФК) по улучшению окраски плодов позднего сорта Пинк Леди позволило увеличить в 1,5–4,1 раза содержание антоцианов (21,8–58,4 мг%), что благоприятно отразится на качественных показателях при длительном хранении плодов.

2. В 3,8–4,1 раза выше эффективность в усилении окраски, даже на плодах, находящихся в нижней части кроны (содержание антоцианов

56,0–58,4 мг%), наблюдалась при дополнительном проведении предуборочной обработки за семь дней до предполагаемого сбора регулятором роста ХЭФК.

3. Применение послеуборочной обработки препаратом на основе 1-МЦП позволило после пяти месяцев хранения в охлаждаемых условиях обычной атмосферы лучше удержать твердость мякоти (8,6 кг/см²), снизить эффективность выделения этилена (0,52 ppm), расход питательных веществ при хранении плодов, а также уровень накопления фарнезена (4,59 мкм/см²) и замедлить скорость его перехода в окисленные формы (0,32 мкм/см²), с чем связано развитие «загара» на кожице плодов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М.Ю. Акимов, В.В. Бессонов, В.М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.
2. Prichko T.G., Ulyanovskaya E.V., Droficheva N.V. Evaluation of biochemical indicators of apple fruits quality for the complex selection of the valuable source material for breeding // BIO Web of Conferences. Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture. – 2020. – С. 02019. – DOI: 10.1051/bioconf/20202502019.
3. Седов Е.Н., Серова З.М. Сорта яблоки с длительной лежкостью плодов для совершенствования ассортимента // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 2. – С. 16–21. – DOI: 10.18454/VSTISP.2016.2.1090.
4. Гудковский В.А. Высоточные технологии хранения плодов яблоки – основа обеспечения их качества (достижения, задачи на перспективу) // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – № 2 (33). – С. 61–67. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10215.
5. Влияние гормонов и факторов окружающей среды на биосинтез антоцианов в яблоке / Х.-Н. Гао, Х. Цзян, Ж.-Ю. Кюи [и др.] // Наука о растениях. – 2021. – № 312. – Р. 111024. – DOI: 10.1016/j.plantsci.2021.111024.

6. Шахмирзоев Р.А., Казнев Р.А. Хозяйственно-биохимическая оценка интродуцированных сортов яблони в предгорной провинции Дагестана // *Аграрная наука*. – 2022. – № 6. – С. 95–99. – DOI: 10.32634/0869-8155-2022-360-6-95-99.
7. Матвеева Н.И. Регуляторы роста и их действие на биологические признаки груши // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 1(66). – С. 46–54. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-46-54.
8. Причко Т.Г., Смелик Т.Л., Причко К.В. Влияние некорневых обработок на управление скоростью созревания плодов яблони // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 1. – С. 40–45. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-40-45.
9. Factors affecting development of disorders expressed after storage of ‘Gala’ apple fruit / L.C. Argenta, R.M. Wood, J.P. Mattheis [et al.] // *Postharvest Biol. Technol.* – 2023. – Vol. 204. – P. 112439. – DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112439.
10. Головки Т.К. Антоцианы растений: структура, регуляция биосинтеза, функции, экология // *Физиология растений*. – 2023. – Т. 70, № 7. – С. 701–714. – DOI: 10.31857/S001533032360054.
11. Гурин А.Г. Количественные и качественные изменения в плодах яблони под влиянием внекорневого опрыскивания деревьев препаратом «Акварин» // *Вестник аграрной науки*. – 2021. – № 3(90). – С. 43–48. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.43.
12. Александрова Т.И. Влияние некорневых подкормок на адаптационные характеристики сортов сливы в аридных условиях Астраханской области // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 1(66). – С. 5–11. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-5-11.
13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н.Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
14. Методики опытного дела и методические рекомендации Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства: методический сборник / отв. ред. Е.А. Егоров. – Краснодар, 2002. – 214 с.
15. Современная методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда: монография. Е.А. Егоров, Ж.А. Шадрина [и др.] – Краснодар, 2017. – 282 с.

REFERENCES

1. Akimov M.Ju., Bessonov V.V., Kodencova V.M. i dr., *Voprosy pitaniya*, 2020, T. 89, No. 4, pp. 220–232, DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055. (In Russ.)
2. Prichko T.G., Ulyanovskaya E.V., Droficheva N.V., *BIO Web of Conferences*, Federal State Budgetary Scientific Institution North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture, 2020, pp. 02019, DOI: 10.1051/bioconf/20202502019. (In Russ.)
3. Sedov E.N., Serova Z.M., *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2016, No. 2, pp. 16–21, DOI: 10.18454/VSTISP.2016.2.1090. (In Russ.)
4. Gudkovsky V.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, No. 2 (33), pp. 61–67, DOI: 10.24411/0235-2451 -2019-10215. (In Russ.)
5. Gao H.-N., Czjan H., Kjuj Zh.-Ju. i dr., *Nauka o rastenijah*, 2021, No. 312, pp. 111024, DOI: 10.1016/j.plantsci.2021.111024.
6. Shahmirzoev R.A., Kaznev R.A. *Agrarnaja nauka*, 2022, No. 6, pp. 95–99, DOI: 10.32634/0869-8155-2022-360-6-95-99. (In Russ.)
7. Matveeva N.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 1(66), pp. 46–54, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-46-54. (In Russ.)
8. Prichko T.G., Smelik T.L., Prichko K.V., *Vestnik KrasGAU*, 2023, No. 1, pp. 40–45, DOI: 10.36718/1819-4036-2023-1-40-45. (In Russ.)
9. Argenta L.C., Wood R.M., Mattheis J.P., Thewes F.R., Nesi C.N., Neuwald D.A., Factors affecting development of disorders expressed after storage of ‘Gala’ apple fruit, *Postharvest Biol. Technol.*, 2023, Vol. 204, pp. 112439, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112439.
10. Golovko T.K., *Fiziologija rastenij*, 2023, T. 70, No. 7, pp. 701–714, DOI: 10.31857/S001533032360054. (In Russ.)
11. Gurin A.G., *Vestnik agrarnoj nauki*, 2021, No. 3(90), pp. 43–48, DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.43. (In Russ.)
12. Aleksandrova T.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 1(66), pp. 5–11, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-5-11. (In Russ.)
13. *Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur* (Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops), Pod obshh. red. E.N.Sedova i T.P. Ogoľ'covoĵ, Orel: VNIISPК, 1999, 608 p.

14. *Metodiki opytnogo dela i metodicheskie rekomendacii Severo-Kavkazskogo zonal'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sadovodstva i vinogradarstva* (Experimental methods and methodological recommendations of the North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture), otv. red. E.A. Egorov, Krasnodar, 2002, 214 p.
15. *Sovremennye metodologija, instrumentarij ocenki i otbora selekcionnogo materiala sadovyh kul'tur i vinograda* (Modern methodology, tools for evaluation and selection of breeding material of garden crops and grapes), Krasnodar, 2017, 282 p.

Информация об авторах:

Т.Г. Причко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лабораторией хранения и переработки плодов и ягод

Ю.В. Митник, кандидат технических наук, главный технолог

Т.Л. Смелик, младший научный сотрудник

К.В. Головко, бакалавр

Contribution of the authors:

T.G. Prichko, Dr. Agricultural Sciences Sciences, Professor, Chief Researcher, Head. laboratory for storage and processing of fruits and berries

Yu.V. Mitnik, Ph.D., Chief Technologist

T.L. Smelik, junior researcher

K.V. Golovko, bachelor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ НА УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ОСНОВНЫХ ФИТОПАТОГЕНОВ СОИ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

А.Г. Тишкова, Т.А. Асеева

ФГБУ науки Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН
Дальневосточный НИИ сельского хозяйства, Хабаровский край, Россия

E-mail: Betula2717@mail.ru

Для цитирования: Тишкова А.Г., Асеева Т.А. Влияние различных систем защиты на уровень развития основных фитопатогенов сои в Хабаровском крае // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 101–111. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-101-111.

Ключевые слова: корневые гнили, пероноспороз (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.), септориоз (*Septoria glycines* Hemmi), протравливание семян, опрыскивание растений, фунгициды, биологическая эффективность.

Реферат. Исследовательскую работу проводили с целью определения эффективности современных средств защиты сои на биологической и химической основе против возбудителей корневых гнилей и листостеблевых заболеваний. Работу проводили в 2016–2020 и 2022–2023 гг. в зерносовом севообороте в посевах сои сортов Иван Караманов, Батя и Хабаровский юбилей на естественном инфекционном фоне. Основными заболеваниями в годы исследований в посевах были корневые гнили, септориоз, пероноспороз. Предпосевная обработка семян сои позволяет снизить развитие корневых гнилей в 1,4–2,3 раза. Наиболее эффективным приемом в борьбе с семенной и почвенной инфекцией в посевах сои являлась обработка семян перед посевом химическими протравителями ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т, Максим, КС с нормой применения 2,0 л/т, Оплот, ВСК и Синклер, КС с нормой применения 0,6 л/т, Депозит, МЭ с нормой применения 1,2 л/т и Стандак Топ, КС с нормой применения 1,5 л/т. Против септориоза наиболее результативными были системы защиты с комплексным использованием для протравливания семян Депозит, МЭ с нормой применения 1,2 л/т с обработкой растений фунгицидом Мистерия, МЭ с нормой применения 1,2 л/га; ТМТД, ВСК с нормой применения 3,0 л/т с Цирконом, Р с нормой применения 40 мл/т для протравливания семян с последующей обработкой растений в период цветения Цирконом, Р с нормой применения 10 мл/га; ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т (обработка семян) с Оптимом, КЭ с нормой применения 0,5 л/га (обработка растений), а также биосредств Циркон, Р с нормой применения 40 мл/т и 10 мл/га, Экстрасол, Ж с нормой применения 2,0 л/т и 2,0 л/га и Нутри-Файт, РК с нормой применения 0,75 л/га. Использование препарата Стандак Топ, КС с нормой применения 1,5 л/т в качестве протравителя и Пиктор Актив, КС с нормой применения 0,6 л/га для обработки вегетирующих растений снижало пораженность растений пероноспорозом в 4,6 раза; ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т для протравливания семян и Оптимом, КЭ с нормой применения 0,5 л/га для опрыскивания растений – в 3,6 раза; обработка семян перед посевом ТМТД, ВСК с нормой применения 3,0 л/т с последующей обработкой растений в фазу цветения Цирконом, Р с нормой применения 10 мл/га – в 2,9 раза и предпосевное протравливание семян с последующей обработкой растений Цирконом, Р с нормой применения 40 мл/т и 10 мл/га – в 2,6 раза.

INFLUENCE OF VARIOUS PROTECTION SYSTEMS ON THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF THE MAIN PHYTOPATHOGENS OF SOYBEAN IN Khabarovsk Krai

A.G. Tishkova, T.A. Aseeva

Federal State Budgetary Institution of Science Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk Krai, Russia

E-mail: Betula2717@mail.ru

Keywords: root rot, downy mildew (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.), septoria (*Septoria glycines* Hemmi), seed treatment, plant spraying, fungicides, biological efficiency.

Abstract. The research work was carried out with the aim of determining the effectiveness of modern biological and chemical soybean protection products against pathogens of root rot and leaf and stem diseases. The work was

carried out in 2016-2020, 2022-2023 in grain-soybean crop rotation in soybean crops of the Ivan Karamanov, Batya and Khabarovsk Yubilyar varieties against a natural infectious background. The main diseases in crops during the research years were root rot, septoria, and downy mildew. Pre-sowing treatment of soybean seeds can reduce the development of root rot by 1.4-2.3 times. The most effective technique in the fight against seed and soil infection in soybean crops is the treatment of seeds before sowing with chemical seed treatment agents TMTD with an application rate of 6.0 l/t, Maxim with an application rate of 2.0 l/t, Oplot and Sinclair with an application rate of 0.6 l/t, Deposit with an application rate of 1.2 l/t and Standak Top with an application rate of 1.5 l/t. The most effective protection systems against septoria were those using the complex application of Deposit with an application rate of 1.2 l/t seed treatment with Misteria with an application rate of 1.2 l/ha fungicide treatment of plants, TMTD with an application rate of 3.0 l/t with Zircon with an application rate of 40 ml/t for seed treatment with subsequent Zircon with an application rate of 10 ml/ha treatment of plants during flowering, TMTD with an application rate of 6.0 l/t (seed treatment) with Optimo with an application rate of 0.5 l/ha (plant treatment), as well as Zircon with an application rate of 40 ml/t and 10 ml/ha, Extrasol with an application rate of 2.0 l/t and 2.0 l/ha and Nutri-Fight with an application rate of 0.75 l/ha bioagents. The use of Standak Top with an application rate of 1.5 l/t as a seed treatment agent and Pictor Active with an application rate of 0.6 l/ha for treating vegetative plants reduced the incidence of downy mildew in plants by 4,6 times; TMTD for seed treatment and Optimo for spraying plants – by 3,6 times; pre-sowing TMTD with an application rate of 6.0 l/t seed treatment with subsequent Zircon with an application rate of 10 ml/ha treatment of plants during flowering – by 2,9 times, and pre-sowing seed treatment with subsequent Zircon with an application rate of 40 ml/t and 10 ml/ha treatment of plants – by 2,6 times.

Повышение эффективности производства сои является одной из актуальнейших проблем растениеводства, успешное решение которой открывает дальнейшие возможности для ускорения темпов развития агропромышленного комплекса и надежного обеспечения страны сельскохозяйственной продукцией [1].

Природно-климатические условия Дальневосточного региона, где традиционно выращивается соя [2, 3], благоприятны не только для развития этой культуры, но и для комплекса вредоносных заболеваний, который сложился в процессе ее длительного возделывания и приводит к снижению количества и качества урожая [4, 5].

Особенностью сои как объекта защиты от фитопатогенов является то, что большинство поражающих ее болезней передается семенами, которые, в свою очередь, снижают содержание масла и белка, ухудшают посевные и товарные качества [1, 7]. Листостеблевые заболевания, в свою очередь, снижают продуктивность растений за счет уменьшения ассимиляционной поверхности листьев и массовом преждевременном их опадении [6, 8, 9]. Высокая вредоносность комплекса заболеваний и вредителей может привести к потере 15–35 % урожая, а в годы избыточного увлажнения они могут превышать 50 % [10].

В современных соевых агроценозах в Хабаровском крае в последнее время получили распространение такие болезни, как комплекс возбудителей корневых гнилей (грибы рода *Fusarium* spp., *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholter, *Gliocladium roseum* (Lk.) Thom., *Pythium ultimum*

Tr., *Corynespora cassiicola* (Berk. et Curt.) Wei, *Thielaviopsis basicola* (Berk. et Br.) Ferr., *Rhizoctonia solani* Kuehn., *Ascochyta sojiecicola* Abr. и др.); а также септориоз (*Septoria glycines* Hemmi.), пероноспороз (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd), церкоспороз (*Cercospora sojina* Hara. и *Cercospora kikuchii* T. Matsu. et Tomoyasu), аскохитоз (*Ascochyta sojaecola* Abramoff) [5, 11].

Одним из эффективных способов защиты растений сои от болезней является применение химических средств – фунгицидов. В настоящее время для защиты посевов сои от болезней предлагается достаточно широкий спектр фунгицидов как для протравливания семян, в качестве профилактического мероприятия, так и защиты растений в период вегетации при появлении признаков заболевания. Эффективность препаратов в значительной мере определяется составом действующих веществ, механизмом их действия, погодными условиями вегетации, а также комплексом агроэкологических факторов в период вегетации [6, 12]. Однако защиту семян и посевов сои можно совершенствовать с помощью совместного использования фунгицидов и биопрепаратов в комплексе с биологически активными веществами, позволяющими значительно сократить недоборы урожая от болезней даже в годы массового развития патогенов [13–15].

В связи с этим целью исследования являлась оценка эффективности современных средств защиты сои на биологической и химической основе против возбудителей корневых гнилей и листостеблевых заболеваний.

В задачи исследования входило:

- определение фитосанитарного состояния посевов сои в условиях Хабаровского края;
- оценка биологической эффективности протравителей семян против корневой гнили;
- оценка биологической эффективности фунгицидных обработок вегетирующих растений против листостеблевых инфекций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научную работу проводили в 2016–2020 и 2022–2023 гг. в зерносовом севообороте Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край) в посевах сои сортов Иван Караманов, Батя и Хабаровский юбилей в условиях естественного инфекционного фона. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схема опытов и технологических приемов
Scheme of experiments and technological methods

№ п/п	Препарат	Обработка семян	Обработка растений в период вегетации
1	2	3	4
<i>Иван Караманов</i>			
1	Контроль (без обработки)	Увлажнение водой 10 л/т	–
2	ТМТД, ВСК (эталон)	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 6 л/т	–
3	ТМТД, ВСК + Иммуноцитопит, ТАБ	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 3 л/т + Иммуноцитопит, ТАБ 1 таб./т	–
4	Иммуноцитопит, ТАБ	Протравливание семян рабочим раствором Иммуноцитопит, ТАБ 1 таб./т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61-64) Иммуноцитопит, ТАБ 1 таб./га
5	ТМТД, ВСК + Нутри-Файт, РК со Спартаном	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 6 л/т	Опрыскивание в фазу 4-6 тройчатых листьев (ф. 14-16) и в фазу цветения (ф. 61-64) Нутри-Файт, РК 0,75 л/га с 0,1 л/га кондиционера воды Спартан
6	Циркон, Р	Протравливание семян рабочим раствором Циркон, Р 40 мл/т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61- 64) Циркон, Р 10 мл/га
7	Бисолбифит, П	Протравливание семян рабочим раствором Бисолбифит, П 2 кг/т	–
8	Экстрасол, Ж	Протравливание семян рабочим раствором Экстрасол, Ж 2 л/т	Опрыскивание в фазу одного тройчатого листа (ф. 11-12) и в фазу цветения (ф. 61- 64) Экстрасол, Ж 2 л/га
9	ЖГУ, Ж	Протравливание семян рабочим раствором ЖГУ, Ж 0,4 л/т	Опрыскивание в фазу одного тройчатого листа (ф. 11-12) и в фазу цветения (ф. 61- 64) ЖГУ, Ж 0,4 л/га
10	ТМТД, ВСК + Оптим, КЭ	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 6 л/т	Опрыскивание при появлении первых признаков болезни раствором из расчета Оптим, КЭ 0,5 л/га
<i>Батя</i>			
1	Контроль (без обработки)	Увлажнение водой 10 л/т	–
2	ТМТД, ВСК (эталон)	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 6 л/т	–

1	2	3	4
3	Максим, КС	Протравливание семян рабочим раствором Максим, КС 2 л/т	–
4	Циркон, Р	Протравливание семян рабочим раствором Циркон, Р 40 мл/т	Опрыскивание вегетирующих растений в фазу цветения (ф. 61–64) Циркон, Р 10 мл/га
5	Иммуноцитифит, ТАБ	Протравливание семян рабочим раствором Иммуноцитифит, ТАБ 1 таб./т	Опрыскивание вегетирующих растений в фазу цветения (ф. 61–64) Иммуноцитифит, ТАБ 1 таб./га
6	ТМТД, ВСК + Нутри-Файт, РК со Спартаном	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 3 л/т	Опрыскивание вегетирующих растений в фазу 4–6 тройчатых листьев (ф. 14–16) и в фазу цветения (ф. 61–64) Нутри-Файт, РК 0,75 л/га с 0,1 л/га кондиционера воды Спартан
7	Биосил, ВЭ	Протравливание семян рабочим раствором Биосила, ВЭ 20 мл/т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61–64) Биосил, ВЭ 20 мл/га
8	ТМТД, ВСК + Оптим, КЭ	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 6 л/т	Опрыскивание вегетирующих растений при появлении первых признаков болезни раствором из расчета Оптим, КЭ 0,5 л/га
9	ТМТД, ВСК + Циркон, Р	Протравливание семян рабочим раствором ТМТД, ВСК 3 л/т + Циркон, Р 40 мл/т	Опрыскивание вегетирующих растений в фазу цветения (ф. 61–64) Циркон, Р 10 мл/га
<i>Хабаровский юбиляр</i>			
1	Контроль (без обработки)	Увлажнение водой 10 л/т	–
2	Оплот, ВСК + Оптим, КЭ	Протравливание семян рабочим раствором Оплот, ВСК 0,6 л/т	Опрыскивание при появлении первых признаков болезни Оптим, КЭ 0,5 л/га
3	Синклер, КС + Колосаль Про, КМЭ	Протравливание семян рабочим раствором Синклер, КС 0,6 л/т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61–64) Колосаль Про, КМЭ 0,6 л/га
4	Депозит, МЭ + Мистерия, МЭ	Протравливание семян рабочим раствором Депозит, МЭ 1,2 л/т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61–64) Мистерия, МЭ 1,2 л/га
5	Стандак Топ, КС + Пиктор Актив, КС	Протравливание семян рабочим раствором Стандак Топ, КС 1,5 л/т	Опрыскивание в фазу цветения (ф. 61–64) Пиктор Актив, КС 0,6 л/га

Почвы опытных участков лугово-бурые, тяжелосуглинистые, относятся к сильнокислым почвам с переходом в среднекислые, рН солевой вытяжки пахотного слоя 3,5–4,7; гидролитическая кислотность от 1,6–10,0 мг-экв./100 г. Содержание органического вещества колеблется от 1,5 до 3,6 % (по Тюрину), поэтому почвы относятся к малообеспеченным. Количество подвижного фосфора, определяемого по методу Кирсанова, составляет 43 мг/кг почвы, что является низким содержанием. Содержание суммы обменных оснований кальция и магния составляет 48–76 мг-экв./100 г. Средняя обеспеченность почв опытного

участка обменным калием является повышенной и составляет (по Кирсанову) – 183 мг/кг почвы.

Размещение вариантов опыта рендомизированное, площадь учетной делянки 50 м², повторность четырехкратная, норма высева семян 70,0 кг/га, глубина заделки 3–4 см. Основная обработка почвы включала зяблевую вспашку и весеннее дискование с боронованием. Предшественник – яровые зерновые культуры. Посев проводился во второй-третьей декадах мая китайской гребневой сеялкой с шириной междурядий 70 см, с одновременным внесением нитроаммофоски в дозе 250 кг/га в физическом весе. Уход за

посевами включал две междурядные обработки культиватором КРН 4.2.

Фитопатологические наблюдения проводили с фазы первого тройчатого листа до окончания фазы налива зерна; через каждые 10–15 дней определяли интенсивность развития и распространения корневых гнилей и основных листостебельных инфекций.

Интенсивность поражения корневыми гнилями определяли в баллах по шкале:

0 баллов – здоровое растение;

1 балл – слабое поражение (поражено не более 25 % площади корня);

2 балла – среднее поражение (поражено до 50 % площади корня);

3 балла – сильное поражение (поражено до 75 % площади корня);

4 балла – очень сильное поражение (поражено свыше 75 % площади корня) и наличие погибших растений [16].

Уровень развития и распространения септориоза и пероноспороза сои определяли глазомерно осмотром растений в поле. Степень развития устанавливали отдельно по каждой болезни по шкале в баллах:

0 баллов – признаков поражения нет;

1 балл – очень слабое поражение, пятна занимают не более 5 % листовой поверхности;

2 балла – слабое поражение, пятна занимают до 25 % листовой поверхности;

3 балла – среднее поражение, пятна занимают до 50 % листовой поверхности;

4 балла – сильное поражение, пятна занимают до 75 % листовой поверхности;

5 баллов – сплошное поражение, все листья покрыты пятнами [16].

Распространение болезни выражали в процентах и вычисляли по формуле [17]

$$P = 100 \times n/N, \quad (1)$$

где P – распространение болезни, %; n – количество больных растений, шт.; N – общее количество растений, шт.

Средний процент развития заболевания рассчитывали по формуле [17]

$$R = \sum(a \times b) \times 100/K \times N, \quad (2)$$

где R – развитие болезни, %; $\sum(a \times b)$ – сумма произведений числа больных растений a на соответствующий им балл поражения b ; N – общее количество учтенных растений, шт.; k – высший балл шкалы учета.

Большинство протравителей сохраняют фунгицидную активность в течение 30–40 дней, а период защитного действия у препаратов, при-

меняемых для обработки вегетирующих растений, составляет от 21 до 28 дней. Поэтому биологическую эффективность изучаемых средств защиты против корневых гнилей оценивали в фазу цветения, а против листостебельных инфекций – в период бобообразования и рассчитывали по формуле [17]:

$$C = 100 \times (P_k - P_o)/P_o, \quad (3)$$

где C – биологическая эффективность, %; P_k – распространенность (развитие) болезни в контроле, %; P_o – распространенность (развитие) болезни в опыте, %.

2016 г. характеризовался неустойчивым температурным режимом с достаточным количеством осадков в летние месяцы. Гидротермический коэффициент за вегетационный период составил 2,2. Период вегетации 2017 г. отличался пониженным температурным режимом в период от всходов до начала цветения и большим количеством осадков в период налива зерна. Погодные условия 2018 г. характеризовались ранней и теплой весной и теплым и влажным летом. Наиболее влажным был июнь, сумма осадков превысила норму в два раза. Летний период 2019 г. характеризовался температурным режимом в пределах нормы и большим количеством осадков, максимальное количество которых пришлось на конец цветения и налив бобов. Показатели гидротермического коэффициента в эти периоды составляли 4,4 и 7,4 соответственно.

Агрометеорологические условия 2020 г. отличались неустойчивым температурным режимом и достаточным количеством осадков. Пониженные среднесуточные температуры воздуха наблюдались от всходов до массового цветения, а образование бобов, наоборот, проходило при самой высокой температуре воздуха в этот период за все годы исследования. Гидротермический режим 2022 г. отличался неустойчивым температурным режимом и количеством осадков в пределах среднемноголетних значений. Наибольшее количество осадков выпало в первой декаде августа, тогда прошли дожди с суточной интенсивностью до 56 мм. Температурные условия вегетационного периода 2023 г. были схожи с условиями предыдущего года. В июле было жарко, в течение 19 дней дневные температуры воздуха поднимались до 28,3–33,3 °С. Исходя из показателей ГТК, вегетационные периоды 2018 и 2023 гг. были достаточно влажными (ГТК 1,7–2,0), остальные 5 лет – избыточно влажными (ГТК – 2,2–3,4).

Математическую обработку данных осуществляли методами дисперсионного анализа

по Доспехову [18], с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В почвенно-климатических условиях Дальнего Востока корневые гнили являются наиболее вредоносными. Проявляются они в течение всей вегетации от появления проростков и всходов до созревания семян. Начало инфекционного процесса происходит уже при температуре 10,0–16,0 °С, а массовое развитие происходит при температуре 18,0–22,0 °С в условиях достаточного и избыточного увлажнения.

Массовому развитию корневых микозов в посевах сои сорта Иван Караманов в 2016 и 2017 гг. способствовала прохладная и влажная погода, а небольшое количество осадков и повышенный

температурный режим в 2018 г. замедляли инфекционный процесс корневых гнилей. В среднем за годы исследований интенсивность развития заболевания в период массового цветения составляла почти 30,0 %. Фунгистатические свойства применяемых средств защиты находились на высоком уровне и сдерживали развитие заболевания. ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т в среднем снижал пораженность растений сои в 1,7 раза. Среди препаратов на биологической основе наиболее эффективными в отношении корневых гнилей были Циркон, Р с нормой применения 40 мл/т, который снижал развитие заболевания на 8,2 п.п. (здесь и далее – процентный пункт), Экстрасол, Ж с нормой применения 2,0 л/т – на 6,7 п.п. и Бисолбифит, П с нормой применения 2,0 кг/т – на 5,9 п.п. по отношению к контрольному варианту. Замачивание семян в жидких гуминовых удобрениях с нормой применения 0,4 л/т оказалось наименее результативным (табл. 2).

Таблица 2

Уровень развития основных заболеваний в посевах сои и эффективность изучаемых средств защиты, среднее за годы исследования

The level of development of the main diseases in soybean crops and the effectiveness of the studied means of protection, average over the years of study

Вариант опыта	Корневые гнили*		Септориоз**		Пероноспороз**	
	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без обработки)	29,6	–	10,3	–	11,0	–
ТМТД, ВСК 6,0 л/т (эталон)	16,9	43,1	8,0	22,9	9,0	18,7
ТМТД, ВСК 3,0 л/т + Имуноцитифит, ТАБ 1 таб./т	20,0	32,6	7,5	27,4	8,1	26,6
Имуноцитифит, ТАБ 1 таб./т, га	24,6	16,9	7,3	29,7	7,1	36,0
ТМТД, ВСК 6,0 л/т + Нутри-Файт, РК 0,75 л/га	16,8	43,3	4,8	53,9	4,6	58,6
Циркон, Р 40 мл/т, 10 мл/га	21,4	27,8	4,1	60,3	3,7	66,2
Бисолбифит, П 2,0 кг/т, 2,0 кг/га	23,7	19,9	6,7	34,8	5,8	27,1
Экстрасол, Ж 2,0 л/т, 2,0 л/га	22,9	22,7	5,7	44,5	5,4	51,1
ЖГУ, Ж 0,4 л/т, 0,4 л/га	25,7	13,3	8,2	20,6	9,9	10,0
ТМТД, ВСК 6,0 л/т + Оптим, КЭ 0,5 л/га	17,0	42,6	2,9	71,6	3,1	71,6
НСР _{0,5}	3,4		2,4		2,2	
<i>Батя</i>						
Контроль (без обработки)	23,3	–	–	21,4	10,4	–
ТМТД, ВСК 6,0 л/т (эталон)	13,0	44,3	15,2	18,2	9,2	11,5
Максим, КС 2,0 л/т	11,9	48,9	21,3	16,9	8,1	22,4
Циркон, Р 40 мл/т, 10 мл/га	14,2	39,0	50,4	10,6	4,5	56,9
1	2	3	4	5	6	7

Иммуноцитифит, ТАБ 1 таб./т, га	20,2	13,0	27,1	15,6	7,2	31,3
ТМТД, ВСК 6,0 л/т + Нутри-Файт, РК 0,75 л/га	16,4	29,7	39,7	12,9	5,5	47,6
Биосил, ВЭ 20 мл/т, 20 мл/га	18,6	20,1	32,5	14,5	6,2	40,3
ТМТД, ВСК 6,0 л/т + Оптимо, КЭ 0,5 л/га	12,9	44,6	61,9	8,2	2,8	72,8
ТМТД, ВСК 3,0 л/т + Циркон, Р 40 мл/т, 10 мл/га	10,3	55,6	57,5	9,1	3,6	65,8
НСР _{0,5}	4,0		3,8		2,5	
<i>Хабаровский юбиляр</i>						
Контроль (без обработки)	23,2	–	21,8	–	6,9	–
Оплот, ВСК 0,6 л/т + Оптимо, КЭ 0,5 л/га	13,1	43,6	10,5	51,7	3,3	52,9
Синклер, КС 0,6 л/т + Колосаль Про, КМЭ 0,6 л/га	11,3	51,2	7,9	63,7	3,0	57,2
Депозит, МЭ 1,2 л/т + Мистерия, МЭ 1,2 л/га	9,8	57,7	8,8	59,5	2,6	62,3
Стандак Топ, КС 1,5 л/т + Пиктор Актив, КС 0,6 л/га	12,2	47,5	9,9	54,5	1,5	79,0
НСР _{0,5}	3,3		3,8		1,6	

Примечание. R – интенсивность развития заболевания, БЭ – биологическая эффективность, * – данные учета, проведенного в фазу цветения, ** – данные учета, проведенного в фазу бобообразования.

Корневая система растений сои сорта Батя в среднем за годы исследований поражалась корневыми гнилями в меньшей степени, чем растения сорта Иван Караманов. Однако стрессовые условия (большое количество осадков и пониженный температурный фон) в начале вегетационного периода в 2019–2020 гг. спровоцировали развитие корневых гнилей на высоком уровне. Лучше всего в борьбе с микопатогенами оказалось совместное использование ТМТД, ВСК с нормой применения 3,0 л/т и Циркона, Р с нормой применения 40 мл/т при протравливании семян (биологическая эффективность – 55,6 %). Обработка семян химическим протравителем Максим, КС с нормой применения 2,0 л/т способствовала снижению степени развития заболевания в 1,9 раза по отношению к контролю. Использование Биосила, ВЭ с нормой применения 20 мл/т и Иммуноцитифита, ТАБ с нормой применения 1 таб./т имело наименьшую эффективность и снижало развитие заболевания в среднем на 3,9 п.п. по сравнению с контролем (см. табл. 2).

Благоприятные для развития корневых гнилей погодные условия складывались и в посевах сои сорта Хабаровский юбиляр в 2022 и 2023 гг. В сложившихся условиях все исследуемые препараты эффективно и достоверно снижали заболе-

ваемость растений сои данным заболеванием в среднем в 2,0 раза. Наиболее активные защитные свойства отмечены при применении протравителя Депозит, МЭ с нормой применения 1,2 л/га, который обеспечивал снижение заболеваемости в среднем за два года на 13,5 п.п. по сравнению с контролем. Эффективность остальных протравителей составляла в среднем 47,4 % (см. табл. 2).

Анализ данных показал наличие высокой инфекционной нагрузки возбудителей корневых гнилей сои в условиях Хабаровского края. Оценка эффективности применения различных средств защиты определила, что предпосевная обработка семян сои позволяет снизить развитие корневых гнилей в 1,4–2,3 раза. Химические протравители более стабильны и эффективно справляются с подавлением ризосферной и семенной инфекций на ранних этапах онтогенеза. Препараты на биологической основе, как в чистом виде, так и в смеси с химическими препаратами, также улучшали фитосанитарное состояние посевов.

Ржавая пятнистость начинает развиваться на семядольных и простых листьях. Затем переходит на тройчатые листья и далее поднимается вверх по растению. Наибольшего развития и распространения септориоз в условиях региона достигает при обильных осадках, дневных

температурах воздуха в пределах 24,0–28,0 °С и высокой относительной влажности воздуха.

Гидротермические условия периода вегетации 2016 г. не способствовали развитию септориоза в посевах сои сорта Иван Караманов. В 2017–2018 гг. развитие болезни носило умеренный характер и в среднем за два года составляло 15,5 %. Наилучшими защитными свойствами обладали комплексные системы защиты, включающие протравливание семян ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т с последующей обработкой растений в фазу цветения Оптимом, КЭ в норме применения 0,5 л/га и обработку семян Цирконом, Р в норме применения 40 мл/т с опрыскиванием растений в фазу цветения Цирконом, Р с нормой применения 10 мл/га. Данные защитные технологии снижали интенсивность развития септориозной пятнистости в 3,0 раза по отношению к контрольному варианту. Биологическая эффективность остальных изучаемых схем защиты сои находилась в пределах от 20,6 до 53,9 % (см. табл. 2).

Средний за три года исследований уровень развития ржавой пятнистости в посевах сои сорта Батя составлял 21,4 %, а максимального развития (41,6 %) достиг в 2020 г. при благоприятных для этого погодных условиях. Совместное использование ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т для обработки семян с последующей обработкой посевов в фазу цветения Оптимом, КЭ в норме 0,5 л/га, а также протравливание семян ТМТД, ВСК с нормой применения 3,0 л/т с Цирконом, Р с нормой применения 40 мл/т и последующее опрыскивание растений Цирконом, Р с нормой применения 10 мл/га было наиболее перспективным. Средняя биологическая эффективность этих схем составляла почти 60,0 %. Обработка семян ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т (эталон) и Максим, КС с нормой применения 2,0 л/т позволили снизить заболеваемость септориозом только на 2,0 и 2,5 п.п. соответственно по отношению к контролю, поэтому этот прием, как единственный элемент защиты посевов сои от болезней, является недостаточным (см. табл. 2). Хороший эффект в борьбе с септориозом имела обработка семян (с нормой применения 40 мл/т) и растений (с нормой применения 10 мл/га) Цирконом, Р даже в сложных гидротермических условиях 2020 г.

Повышенный температурный режим и достаточное количество влаги в 2022 и 2023 гг. способствовали массовому развитию септориоза в посевах сои сорта Хабаровский юбилей. Биологическая эффективность изучаемых комплексов

защиты посевов сои была высокой и стабильной по годам. Наибольшее снижение заболеваемости отмечено при обработке семян препаратом Депозит, МЭ с нормой применения 1,2 л/т с обработкой растений фунгицидом Мистерия, МЭ с нормой применения 1,2 л/га, которое составило 13,0 п.п. (см. табл. 2).

Ложная мучнистая роса появляется на листьях сои обычно в начале августа при оптимальной температуре для спороношения гриба 18,0–20,0 °С и относительной влажности воздуха 95,0–100,0 %. Наиболее благоприятные условия окружающей среды для развития пероноспороза в посевах сои сорта Иван Караманов сложились в 2017 г., когда интенсивность развития заболевания превысила 23,0 %, однако средний за три года уровень развития заболевания составил 11,0 %. Наиболее выраженные фунгицидные свойства против пероноспороза проявило протравливание семян ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т и опрыскивание растений сои в фазу цветения химическим фунгицидом Оптимом, КЭ с нормой применения 0,5 л/га. Препараты на основе природных компонентов Циркон, Р с нормой применения 40 мл/т и 10 мл/га и Экстрасол, Ж с нормой применения 2,0 л, применяемые для обработки семян и растений, имели практически одинаковую эффективность, которая в среднем составила 58,6 % (см. табл. 2).

В посевах сои сорта Батя в 2018–2020 гг. пероноспороз развивался с интенсивностью около 10,4 %. Значительному снижению заболеваемости растений сои пероноспоровыми грибами способствовали те же системы защитных мероприятий, которые эффективно боролись и с септориозом. Биологическая эффективность данных систем защиты против пероноспороза в среднем составляла 65,2 %. Функциональность препаратов биологического происхождения при умеренном развитии пероноспоровых грибов была выше эталонного протравителя. Наибольшее фунгицидное действие за годы исследований показала комплексная обработка семян и растений препаратами Нутри Файт, РК, Биосил, ВЭ и Иммуноцитифит, ТАБ.

В гидротермических условиях 2022–2023 гг. степень развития пероноспороза в посевах сои Хабаровский юбилей в среднем за два года была почти 7,0 %. Препараты на химической основе проявляли высокие и стабильные фунгицидные свойства. Наиболее эффективным оказалось применение Стандак Топ, КС с нормой применения 1,5 л/т в качестве протравителя и Пиктор Актив, КС с нормой применения 0,6 л/га для обработ-

ки вегетирующих растений, уровень развития заболевания был в 4,6 раза ниже, чем в контроле. Биологическая эффективность других схем защиты в среднем находилась на уровне 57,5 % (см. табл. 2).

Следует отметить, что препараты биологической природы не уступают, а в ряде случаев и превосходят по эффективности синтетические фунгициды, особенно в отношении предотвращения распространения листостеблевых патогенов в сои. Поэтому целесообразно их использование в смесях с химическими фунгицидами, а также в некоторых случаях и самостоятельно в комплексных мероприятиях по защите растений.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее эффективным приемом в борьбе с семенной и почвенной инфекцией в посевах сои является обработка семян перед посевом химическими протравителями. Уровень развития заболеваний при использовании этих препаратов снизился в период цветения почти в 2,0 раза по сравнению с контрольным вариантом. Включение в систему защиты культуры препаратов на

биологической основе оказалось эффективным и обеспечило снижение заболеваемости в среднем по вариантам опыта на 9,6 п.п.

2. В условиях региона наиболее результативными и стабильными являются системы защиты с комплексным использованием для протравливания семян Депозит, МЭ с нормой применения 1,2 л/т с обработкой растений фунгицидом Мистерия, МЭ с нормой применения 1,2 л/га, ТМТД, ВСК с нормой применения 3,0 л/т с Цирконом, Р с нормой применения 40 мл/т и последующее опрыскивание растений Цирконом, Р с нормой применения 10 мл/га, ТМТД, ВСК с нормой применения 6,0 л/т для обработки семян с последующей обработкой посевов в фазу цветения Оптимом, КЭ в норме 0,5 л/га, а также биосредств Циркон, Р Экстрасол, Ж и Нутри-Файт, РК.

3. В борьбе с пероноспорозом наиболее эффективны были те же системы защитных мероприятий, которые эффективно подавляли септориоз, с биологической эффективностью, превышающей 65,0 %. Однако препараты на биологической основе более функциональны в годы с умеренным развитием пероноспоровых грибов, а в условиях массового развития заболевания их эффективность снижалась.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шульга Т.В., Селюк М.П. Современные аспекты защиты сои от болезней // Актуальные проблемы агрономии современной России и пути их решения: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 4–5 декабря 2018 г. – Воронеж: 2018. – С. 172–178. – EDN YXOUTR.
2. Шепель О.Л., Асеева Т.А., Зволимовская М.П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 8. – С. 16–22. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802. – EDN ZCINNQT.
3. Асеева Т.А. Оценка агроклиматических ресурсов Среднего Приамурья и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 3. – С. 109–113. – EDN IUJUYN.
4. Пискунов К.С., Рассохин П.В., Кочева Н.С. Определение эффективности фунгицида Аканто Плюс при защите сои в условиях Приморского края // Аграрный вестник Приморья. – 2020. – № 3(19). – С. 22–25. – EDN JM-NHPX.
5. Тишкова А.Г., Асеева Т.А. Вклад экологических факторов в инфекционный процесс фитопатогенов сои // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 6. – С. 50–54. – DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_50. – EDN UAQZZE.
6. Эффективность фунгицидов при выращивании сои в условиях Центрального Предкавказья на орошении / О.Г. Шабалдас, К.И. Пимонов, А.П. Шутко [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 80–86. – DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp80-86. – EDN AEBOMT.
7. Иванцова Е.А. Болезни сои // Фермер. Черноземье. – 2017. – № 2(2). – С. 42–44.
8. Кадуров А.А., Заостровных В.И. Результаты исследований сортообразцов сои омской селекции в условиях Кемеровской области // Современные проблемы и перспективы агропромышленного комплекса Сибири: мат-лы XVI регион. науч. студ. конф. аграрных вузов СФО, Кемерово, 5–7 апреля 2017 г. – Кемерово, 2017. – С. 24–32. – EDN YLYWRB.
9. Lin H.A., Mideros S.X. Accurate quantification and detection of *Septoria glycines* in soybean using quantitative PCR // Current Plant Biology. – 2021. – Vol. 25. – 100192. – DOI: 10.1016/j.cpb.2020.100192.
10. Тишкова А.Г., Асеева Т.А., Золотарева Е.В. Агроэкологическая оценка влияния фитосанитарных мероприятий на развитие болезней и урожайность сои в Хабаровском крае // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 36–39. – EDN XRYSDY.

11. Tishkova A.G. Agroecological techniques for protecting soybean crops from phytopathogens // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 547. – 012044. – DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012044.
12. Торопова Е.Ю., Каменев И.А. Сравнительная оценка эффективности контактного и системного фунгицидов для обработки семян сои в лесостепи Новосибирской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 1(70). – С. 161–168. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-161-168. – EDN JAZAPC.
13. Бударина Г.А. Биологическая и хозяйственная эффективность применения фунгицидов и биопрепаратов в борьбе с болезнями сои // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 3(27). – С. 47–52. – DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11031. – EDN UZFJQJ.
14. Курилова Д.А., Бушнева Н.А. Оценка комплексной обработки семян сои фунгицидами и инокулянтами // Масличные культуры. – 2023. – № 3(195). – С. 76–82. – DOI: 10.25230/2412-608X-2023-3-195-76-82. – EDN WCPNVD.
15. Казанцева Е.В., Ашмарина Л.Ф. Распространенность болезней сои в северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2014. – № 3(32). – С. 27–31. – EDN SLOYQV.
16. Попова О.В., Салманова И.А., Рукин В.Ф. Защита сои от вредных организмов. – Воронеж, 2015. – 60 с.
17. Гаврилов А.А., Шутко А.П., Марюхина А.Г. Фитосанитарная диагностика болезней растений. – Ставрополь, 2004. – 76 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. учеб. завед. для агроном. специальностей. – М., 1985. – 351 с.
19. Новосадов И.Н., Дубовицкая Л.К., Положиева Ю.В. Диагностика болезней сои: учеб. пособие. – Благовещенск, 2017. – 62 с.

REFERENCES

1. Shul'ga T.V., Selyuk M.P., *Aktual'nye problemy agronomii sovremennoi Rossii i puti ikh resheniya (Current problems of agronomy in modern Russia and ways to solve them)*, Proceedings of the Conference Title, 2018, Voronezh, 2018, pp. 172–178. (In Russ.)
2. Shepel' O.L., Aseeva T.A., Zvolimbovskaya M.P., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, T. 34, No. 8, pp. 16–22, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10802. (In Russ.)
3. Aseeva T.A., *Vestnik KrasGAU*, 2008, No. 3, pp. 109–113. (In Russ.)
4. Piskunov K.S., Rassokhin P.V., Kocheva N.S., *Agrarnyi vestnik Primor'ya*, 2020, No. 3(19), pp. 22–25. (In Russ.)
5. Tishkova A.G., Aseeva T.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2023, No. 6(37), pp. 50–54, DOI: 10.53859/02352451_2023_37_6_50. (In Russ.)
6. Shabalda O.G., Pimonov K.I., Shutko A.P., Bezgina Yu.A., *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2023, No.10, pp. 80–86, DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp80-86. (In Russ.)
7. Ivantsova E.A., *Fermer. Chernozem'e*, 2017, No. 2(2), pp. 42–44. (In Russ.)
8. Kadurov A.A., Zaostrovnykh V.I., *Sovremennye problemy i perspektivy agropromyshlennogo kompleksa Sibiri (Current problems and prospects of the agro-industrial complex of Siberia)*, Proceedings of the Conference Title, Kemerovo, 2017, pp. 24–32. (In Russ.)
9. Lin H.A., Mideros S.X., Accurate quantification and detection of *Septoria glycines* in soybean using quantitative PCR, *Current Plant Biology*, 2021, No. 25, 100192, DOI: 10.1016/j.cpb.2020.100192.
10. Tishkova A.G., Aseeva T.A., Zolotareva E.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, T. 30, No. 12, pp. 36–39. (In Russ.)
11. Tishkova A.G., Agroecological techniques for protecting soybean crops from phytopathogens, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020, No. 547, 012044, DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012044.
12. Toropova E.Yu., Kamenev I.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2024, No. 1(70), pp. 161–168, DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-161-168. (In Russ.)
13. Budarina G.A., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 3(27), pp. 47–52, DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11031. (In Russ.)
14. Kurilova D.A., Bushneva N.A., *Maslichnye kul'tury*, 2023, No. 3(195), pp. 76–82, DOI: 10.25230/2412-608X-2023-3-195-76-82. (In Russ.)
15. Kazantseva E.V., Ashmarina L.F., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2014, No. 3(32), pp. 27–31. (In Russ.)
16. Popova O.V., Salmanova I.A., Rukin V.F., *Zashchita soi ot vrednykh organizmov (Protecting soybeans from pests)*, Voronezh, 2015, 60 p.
17. Gavrilov A.A., Shutko A.P., Maryuhina A.G., *Fitosanitarnaya diagnostika boleznej rastenij (Phytosanitary diagnostics of plant diseases)*, Stavropol', 2004, 76 p.

18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
19. Novosadov I.N., Dubovitskaya L.K., Polozhieva Yu.V., *Diagnostika boleznei soi* (Diagnosis of soybean diseases), Blagoveshchensk, 2017, 62 p.

Информация об авторах:

А.Г. Тишкова, научный сотрудник

Т.А. Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

Contribution of the authors:

A.G. Tishkova, research fellow

T.A. Aseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИОКОНТРОЛЬ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

Т.В. Шпатова, М.В. Штерншис, А.С. Козлова

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: Anastasiakozlova970711@ya.ru

Для цитирования: Шпатова Т.В., Штерншис М.В., Козлова А.С. Биоконтроль грибных болезней черной смородины с использованием микроорганизмов в условиях Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 112–119. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-112-119.

Ключевые слова: черная смородина, *Septoria ribis*, *Gloeosporium ribis*, микробные смеси, биоконтроль, биологическая эффективность.

Реферат. В работе приведены результаты полевых исследований экспериментального биопрепарата Фитоп 26.82, в состав которого входят различные штаммы спорообразующих бактерий: *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-10562, *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, нематофаговые грибы *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, а также энтомопатогенный гриб *Beauveria bassiana* в сравнении с биопрепаратом Фитоп 8.67, который содержит спорую биомассу бактерий *Bacillus subtilis* штамм ВКПМ В-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642 и *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10643, против грибных заболеваний черной смородины – антракноза (*Gloeosporium ribis* Mont. Et Desm.) и септориоза (*Septoria ribis* Desm.). Концентрация смесей составляла 10^5 КОЕ/мл. В качестве химического эталона использовали Топаз в 0,1%-й концентрации. Проведенные исследования показали снижение пораженности листьев смородины при использовании биопрепаратов практически в 3 раза более чем через месяц после их применения в отношении септориоза и антракноза. Биологическая эффективность биопрепаратов Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 в отношении септориоза достигала 64 % в 2017–2018 гг. и 83 % в 2019 г., в отношении антракноза в 2017 г. – 54,5 % г. и в 2018–2019 гг. – 71–81% более чем через месяц после их применения. Использование данных препаратов позволило в течение длительного периода сдерживать развитие грибных заболеваний черной смородины, что показывает перспективность биологического контроля септориоза и антракноза этой культуры в условиях Сибири. При этом следует иметь в виду, что Фитоп 26.82 состоит из большего числа ингредиентов, включая нематофаговые грибы, и его более целесообразно применять на посадках смородины в присутствии фитопаразитических нематод.

BIOCONTROL OF BLACK CURRANT DISEASES USING MICROORGANISMS UNDER SIBERIAN CONDITIONS

T.V. Shpatova, M.V. Shternshis, A.S. Kozlova

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: Anastasiakozlova970711@ya.ru

Keywords: black currant, *Septoria ribis*, *Gloeosporium ribis*, microbial mixtures, biocontrol, biological effectiveness.

Abstract. The study presents the results of field trials of the experimental biopreparation Fitop 26.82, which contains various strains of spore-forming bacteria: *Bacillus amyloliquefaciens* VKPM B-10642, *Bacillus licheniformis* VKPM B-10562, *Bacillus subtilis* VKPM B-10641, nematophagous fungi *Arthrobotrys oligospora* VKPM F-1141 and *Duddingtonia flagrans* VKM F-2574, as well as the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. This is compared with Fitop 8.67, which includes the spore biomass of bacteria *Bacillus subtilis* strain VKPM B-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* strain VKPM B-10642 and *Bacillus amyloliquefaciens* strain VKPM V-10643, against fungal diseases of black currant such as anthracnose (*Gloeosporium ribis* Mont. et Desm.) and septoria leaf spot (*Septoria ribis* Desm.). The concentration of the mixtures was 10^5 CFU/ml. Topaz at 0.1 % concentration was used as a chemical standard. The conducted research demonstrated a nearly threefold reduction in the incidence of blackcurrant leaves when using biopreparations more than a month after their application for both septoria and anthracnose. The biological effectiveness of the experimental preparation Fitop 26.82 and Fitop 8.67 reached 64 % in 2017–2018 and 83 % in 2019 for septoria, for anthracnose this value was 71–81

% and 54,5 % for Fitop 26.82 and Fitop 8.67, accordingly, in 2017, and in 2018–2019 more than one month after application. Application of these biopreparations prolonged suppression of fungal disease development, highlighting the potential for their biological control under Siberian conditions. It should be noted that Fitop 26.82 consists of more ingredients including nematophagous fungi. Consequently, it would be more appropriate to use this preparation in the presence of phytonematodes in the field.

Смородина черная известна как одна из самых распространенных ягодных культур в отечественном и зарубежном садоводстве [1, 2]. Она пользуется большой популярностью благодаря не только высокой продуктивности, скороплодности, неприхотливости возделывания, но и в связи с высоким содержанием ценных для человека соединений (особенно витамина С, Р активных соединений и др.) [3]. Ягоды данной культуры хорошо хранятся при отрицательных температурах, что дает возможность употреблять их и в зимний период. Листья черной смородины также представляют интерес в качестве источника растительного сырья для пищевой, парфюмерной и фармацевтической промышленности благодаря содержанию широкого комплекса биологически активных соединений, обладающих высокой антиоксидантной активностью [4, 5].

Вместе с тем грибные заболевания способны нанести значительный ущерб данной культуре. Одними из широко распространенных и вредоносных заболеваний смородины являются септориоз (*Septoria ribis* Desm.) и антракноз (*Gloeosporium ribis* (Lib) Mont. et Desm), которые способны значительно снизить продуктивность растений не только в текущем году, но и влияют на потенциал урожая будущего года [6, 7].

Химические фунгициды пока остаются одними из основных средств борьбы с заболеваниями растений. Однако увеличение интереса потребителей к экологически чистой продукции и опасения по поводу безопасности для человека и окружающей среды привели к ограничению использования пестицидов в разных странах [8–10]. Это возможно за счет роста исследований, направленных на поиск безопасных и альтернативных средств защиты растений, среди которых в настоящее время особое значение придается использованию биологических, обеспечивающих сохранение природных комплексов живых организмов [11–13].

Именно экологические аспекты применения биологических препаратов приобретают особую значимость в настоящее время. Но их биологическую и экологическую эффективность, а значит и экономическую ценность, во многом будут определять условия действия полезных агентов биоконтроля, фазы развития целевых объектов и персистентность в специфических условиях окружающей среды.

Решение экологических проблем в сельском хозяйстве неразрывно связано с расширением спектра применяемых биологических средств, ведущая роль среди которых принадлежит микробиологическим препаратам (бактериальным, вирусным, грибным и др.), в состав которых входят живые микроорганизмы и вырабатываемые ими продукты метаболизма для снижения ущерба, наносимого культурным растениям вредителями и болезнями [14–16].

Наряду с длительностью и эффективностью действия биологических организмов и продуктов их жизнедеятельности биологические средства защиты растений экономически целесообразны, что является немаловажным показателем для их применения в производстве [17].

Цель исследования – изучение влияния экспериментальных биопрепаратов на основе биоагентов бактериальной и грибной природы на пораженность грибными заболеваниями растений смородины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в производственных насаждениях черной смородины в сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» Новосибирской области в 2017–2019 гг. Опытный участок расположен в подзоне дренированной лесостепи Приобья, почва серая лесная. Сроки обработки определяли при появлении первых симптомов болезней. Объектами исследования являлись: растения черной смородины сорта Софья; септориоз (возбудитель – гриб *Septoria ribis* Desm., Deuteromycetes, Sphaeropsidales), антракноз (возбудитель – гриб *Gloeosporium ribis* Mont. Et Desm., Coelomycetes, Melanconiales); экспериментальный биопрепарат Фитоп 26.82 в сравнении с Фитоп 8.67 (данные препараты разработаны и предоставлены ООО НПФ «Исследовательский центр» (накоград Кольцово, Новосибирская область). Биопрепарат Фитоп 26.82 представляет собой микробную смесь, состоящую из бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-10562, *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, нематофаговых грибов *Arthrobotrys oligospora* ВКПМ F-1141 и *Duddingtonia flagrans* ВКМ F-2574, а также энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*. Концентрация смеси 10⁵

КОЕ/мл. Биопрепарат Фитоп 8.67 содержит споровую биомассу бактерий *Bacillus subtilis* штамм ВКПМ В-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642 и *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10643. Концентрация смесей 10^5 КОЕ/мл. В качестве химического эталона использовали Топаз в 0,1%-й концентрации.

Сумма осадков за вегетационный период черной смородины с мая по сентябрь в 2017 г. составляла 329 мм (115 % от нормы, повышенная влажность), в 2018 г. – 298 мм (113 % от нормы, повышенная влажность), в 2019 г. – 263 мм осадков (100 % – нормальное увлажнение). Температура превышала норму в 2017 г. (14,4 °С) на 1 °С, в 2018 г. была ниже нормы (14,7 °С) на 0,3 °С, в 2019 г. – превышала норму (14,7 °С) на 0,4 °С.

Схема опыта включала четыре варианта: контроль (без обработки), Фитоп 26.82, Фитоп 8.67 и химический фунгицид Топаз, КЭ 0,1 %. Повторность 4-кратная. Площадь делянки – 10 м². Размещение повторностей рендомизированное. Расход рабочей жидкости 500 л/га. Поражение

листьев смородины септориозом и антракнозом учитывали по известной шкале [18]. Действие биопрепаратов оценивали по показателю развития болезни (%) в сравнении с контролем и рассчитывали биологическую эффективность. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных программ Snedecor для Windows [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2017 г. через две недели после обработки биопрепаратами Фитоп 8.67 и Фитоп 26.82 отмечено снижение пораженности листьев смородины септориозом в 1,5 и 3,5 раза соответственно относительно контроля. При этом биологическая эффективность биопрепаратов в отношении септориоза смородины при применении Фитоп 26.82 составила 71,4 %, а в случае Фитоп 8.67 – 47,6 % (табл. 1).

Таблица 1

Влияние Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 на основе различных смесей биоагентов на пораженность растений черной смородины септориозом (сорт Мила) (2017–2019 гг.)

The influence of Fitop 26.82 and Fitop 8.67 based on various mixtures of bioagents on the infestation of blackcurrant plants with septoria (Mila variety) (2017–2019)

Препарат	Год	Развитие болезни, %			Биологическая эффективность, %		
		Две недели после обработки	Четыре недели после обработки	Конец вегетации	Две недели после обработки	Четыре недели после обработки	Конец вегетации
Контроль (без обработки)	2017	4,2	10,9	16,9			
Фитоп 26.82		1,2*	4,9*	7,9*	71,4	55,0	53,3
Фитоп 8.67		2,8*	3,9*	6,8*	47,6	64,2	59,8
Топаз		0,5*	1,9*	5,1*	88,1	82,6	69,8
<i>HCP₀₅ по препаратам = 0,6 %; HCP₀₅ по срокам = 0,5</i>							
Контроль (без обработки)	2018	7,1	7,7	16,6			
Фитоп 26.82		1,3*	2,0*	5,0*	81,7	74,0	69,9
Фитоп 8.67		1,4*	1,3*	5,8*	80,3	83,1	67,5
Топаз		0,9*	1,0*	4,1*	87,3	87,0	74,7
<i>HCP₀₅ по препаратам = 0,4 %; HCP₀₅ по срокам = 0,4</i>							
Контроль (без обработки)	2019	4,5	5,9	15,6			
Фитоп 26.82		1,3*	2,4*	4,9*	71,1	59,3	68,6
Фитоп 8.67		1,5*	2,1*	4,6*	66,7	64,4	70,5
Топаз		0,7*	0,9*	3,3*	84,4	84,7	78,8
<i>HCP₀₅ по препаратам = 0,2; HCP₀₅ по срокам = 0,2</i>							

*Различия с контролем статистически достоверны ($p < 0,05$).

Через четыре недели пораженность в контроле продолжала возрастать, однако под влиянием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 сократилась соответственно в 2,2 и 2,8 раза относительно контроля, что выражалось в показателе развития болезни (см. табл. 1). Биологическая эффективность применения Фитоп 26.82 достигала 55 %, Фитоп 8.67 – 64,2 % и химического фунгицида – 82,6 %.

К концу вегетации тенденция по снижению развития болезни при применении препаратов на основе смеси биоагентов продолжала сохраняться. Отмечено снижение развития септориоза под влиянием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 в 2,1–2,5 раза относительно контроля. При этом значительных

изменений биологической эффективности биопрепаратов в сравнении с предыдущим сроком не выявлено.

В 2018 г. через две недели развитие септориоза листьев черной смородины под действием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 сократилось в 5,5 и 5 раза соответственно относительно контроля. Биологическая эффективность применения биопрепаратов в значительной степени отличалась от эффективности в 2017 г. (табл. 2). Под влиянием обоих биопрепаратов на основе смесей биоагентов она достигала 81,7 %, что приближено к результатам защитного действия химического фунгицида – 87,3 %.

Таблица 2

Влияние Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 на основе различных смесей биоагентов на пораженность растений черной смородины антракнозом (сорт Мила) (2017–2019 гг.)
The influence of Fitop 26.82 and Fitop 8.67 based on various mixtures of bioagents on the infestation of blackcurrant plants with anthracnose (Mila variety) (2017–2019)

Препарат	Год	Развитие болезни, %			Биологическая эффективность, %		
		Две недели после обработки	Четыре недели после обработки	Конец вегетации	Две недели после обработки	Четыре недели после обработки	Конец вегетации
Контроль (без обработки)	2017	5,2	10,1	20,2			
Фитоп 26.82		1,1*	4,6*	10,8*	78,8	54,5	46,5
Фитоп 8.67		2,1*	5,5*	11,9*	59,6	45,5	41,1
Топаз		1,3*	2,1*	7,1*	75,0	79,2	64,9
HCP ₀₅ по препаратам = 0,6 %; HCP ₀₅ по срокам = 0,6							
Контроль (без обработки)	2018	10,5	12,7	21,7			
Фитоп 26.82		2,0*	3,1*	7,6*	81,0	75,6	65,0
Фитоп 8.67		1,6*	2,4*	5,2*	84,8	81,1	76,0
Топаз		0,8*	1,1*	5,4*	92,4	91,3	75,1
HCP ₀₅ по препаратам = 0,5 %; HCP ₀₅ по срокам = 0,5							
Контроль (без обработки)	2019	6,9	9,3	18,2			
Фитоп 26.82		2,0*	3,3*	6,7*	71,0	64,5	63,2
Фитоп 8.67		1,6*	2,7*	5,9*	76,8	71,0	67,6
Топаз		1,1*	1,4*	4,4*	84,1	84,9	75,8
HCP ₀₅ по препаратам = 0,4; HCP ₀₅ по срокам = 0,3							

*Различия с контролем статистически достоверны ($p < 0,05$).

Пораженность листьев септориозом через четыре недели в контроле незначительно возросла в сравнении с предыдущим сроком. Под влиянием Фитоп 26.82 развитие болезни сократилось в 3,8 раза и в 5,9 при использовании Фитоп 8.67 (см. табл. 1). Биопрепараты продолжали оказывать пролонгированное защитное действие. Биологическая эффективность применения Фитоп 26.82

составила 74 %, Фитоп 8.67 – 83,1 %, увеличение защитного действия биопрепарата Фитоп 8.67 обуславливается низкой пораженностью листьев смородины заболеванием из-за малого количества осадков, выпавших в первую и вторую декады месяца, однако различия с препаратом Фитоп 26.82 были статистически незначимы, несмотря на незначительное снижение защитного действия

этого препарата на четвертую неделю после его применения в насаждениях смородины.

К концу вегетации пораженность листьев смородины септориозом в контроле возросла до 16,6 %, однако биопрепараты продолжали оказывать пролонгированное защитное действие. Под влиянием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 отмечено снижение пораженности септориозом листьев смородины в 2,9 и 3,3 раза соответственно в сравнении с контролем. Биологическая эффективность применения обоих препаратов на основе смесей биоагентов между собой в значительной степени не отличалась и достигала 69,9 %, что приближено к эффективности химического эталона – 74,7 %.

В 2019 г. через две недели под влиянием биопрепарата Фитоп 26.82 пораженность листьев смородины септориозом сократилась в 3,5 раза, Фитоп 8.67 – в 3 раза относительно контроля. Биологическая эффективность применения Фитоп 8.67 и Фитоп 26.82 за этот срок составила 66,7 и 71,1 % соответственно, что, вероятно, связано с низкой пораженностью листьев смородины септориозом, которая проявлялась с замедленным увеличением в связи с малым количеством осадков, выпавших в июне, и неравномерным увлажнением в июле.

Через четыре недели пораженность в контроле незначительно возросла. Однако под влиянием биопрепаратов развитие заболевания сокращалось: в 2,4 раза под действием Фитоп 26.82 и в 2,8 раза для Фитоп 8.67 относительно контроля (см. табл. 1). На четвертую неделю после обработки биопрепараты продолжали оказывать пролонгированное защитное действие, эффективность Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 составила 59,3 и 64,4 %, соответственно.

В дальнейшем значительного изменения уровня поражения заболеванием смородины не выявлено. К концу вегетации развитие болезни в контроле возросло до 15,6 %, при применении Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 сокращение пораженности септориозом было практически одинаковым (более чем в 3 раза в сравнении с контролем). Биологическая эффективность при применении Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 составила 68,6 и 70,5 % и приближалась к таковой при использовании химического эталона Топаз – 78,8 %.

Что касается пораженности антракнозом листьев смородины, то в 2017 г. через две недели под влиянием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 эта величина сократилась в 4,7 и 2,5 раза соответственно относительно контроля (см. табл. 2).

Такая низкая пораженность смородины данным заболеванием, вероятно, была связана

с неравномерным увлажнением и перепадами температур в этот период месяца, однако несмотря на это более выраженное действие смешанного препарата в отношении данного заболевания отмечено под влиянием Фитоп 26.82. Биологическая эффективность применения Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 в отношении антракноза через две недели после обработки составила 78,8 и 59,6 % соответственно (см. табл. 2).

Через четыре недели пораженность в контроле возросла до 10,1 %, однако под действием Фитоп 26.82 она сократилась в 2,2 раза, под влиянием Фитоп 8.67 – в 1,8 раза относительно контроля. Защитное действие биопрепаратов снизилось и составило 45,5 при использовании Фитоп 8.67 и 54,5 % под влиянием Фитоп 26.82 соответственно.

К концу вегетации тенденция по увеличению пораженности растений в контроле сохранилась, биопрепараты Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 продолжали оказывать выраженное защитное действие и развитие антракноза под влиянием обоих препаратов сокращалось практически одинаково (в 1,9 и 1,7 раза соответственно относительно контроля), однако снижение пораженности листьев смородины под влиянием препарата Фитоп 8.67 оказалось статистически значимо меньше, чем под действием Фитоп 26.82. Биологическая эффективность применения Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 составила 46,5 и 41,1 % соответственно.

В 2018 г. пораженность листьев антракнозом через две недели в контроле не превышала 10,5 %. Под влиянием биопрепаратов Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 она сократилась в 5,2 и 6,5 раза в сравнении с контролем (см. табл. 2). Биологическая эффективность при использовании исследуемых препаратов в отношении антракноза смородины через две недели после обработки была практически одинаковой и достигала 84,8 %.

Через четыре недели отмечено незначительное увеличение пораженности заболеванием в контроле. Однако биопрепараты продолжали оказывать сдерживающее влияние, и развитие заболевания в сравнении с контролем сократилось в 4,1–5,3 раза. Через четыре недели после применения Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 эффективность составила 75,6 и 81,1 % соответственно.

К концу вегетации пораженность в контроле возросла до 20,2 %, при применении обоих препаратов серии Фитоп пораженность антракнозом сократилась практически в 2 раза. Биологическая эффективность значительно не изменилась (65–76 %), биопрепараты продолжали оказывать защитное действие.

В 2019 г. через две недели после обработки растений смородины Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 отмечено снижение пораженности листьев антракнозом в 3,5 и 4,3 раза по сравнению с контролем. Биологическая эффективность применения Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 составила 71 и 76,8 % соответственно, что было приближено к эффективности химического эталона – 84,1 %.

Через четыре недели пораженность заболеванием в контроле незначительно возросла, однако препараты продолжали оказывать защитное действие. Под влиянием Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 пораженность заболеванием сократилась в 2,8 и 3,4 раза соответственно относительно контроля. Защитное действие изучаемых биопрепаратов значительно не изменилось и варьировало от 64,5 до 71 %.

К концу вегетации тенденция по снижению развития болезни при применении биопрепаратов продолжала сохраняться. Отмечено снижение развития антракноза в 2,7 раза под влиянием Фитоп 26.82 и в 3,1 раза под действием Фитоп 8.67 в сравнении с контролем. К концу вегетации защитное действие биопрепаратов составило 63,2–67,6 % в зависимости от биопрепарата.

Эффективность использования Фитоп 26.82 на черной смородине против септориоза и антракноза сопоставима с действием химического фунгицида Топаз.

Ранее нами были продемонстрированы результаты трехлетних полевых исследований экспериментального биопрепарата Фитоп 26.82 в отношении пурпуровой пятнистости малины [20].

Применение Фитоп 26.82 на черной смородине против двух грибных заболеваний – септориоза и антракноза – также показало его фунгистатическое действие, как и в отношении пурпуровой пятнистости на малине.

В течение трехлетних полевых исследований через четыре недели после обработки снижение пораженности заболеваниями как на смородине, так и на малине под влиянием Фитоп 26.82 сокращалось в среднем в 2,7 раза на малине и практически в 3 раза на смородине в сравнении с контролем, притом что развитие заболеваний на обеих культурах на данный срок было почти на одном уровне и составляло в среднем 10,7 % на смородине и 12,9 % на малине. При применении на смородине Фитоп 8.67 пораженность септориозом снижалась в 3,8 раза и антракнозом в 3,5 раза относительно контроля.

В конце вегетации развитие пурпуровой пятнистости на малине составило в среднем за трехлетний период полевых исследований 25,2 %, при этом на смородине развитие септориоза со-

ставляло 16,4 % и антракноза – 20 %. Под действием Фитоп 26.82 пораженность заболеваний на данных культурах продолжала снижаться (на малине в 3 раза, на смородине против антракноза в 2,4 раза и в 2,8 раза в отношении септориоза). Под влиянием препарата Фитоп 8.67 на смородине пораженность обеими заболеваниями сокращалась в 3 раза относительно контроля.

Следует подчеркнуть, что в процессе разработки препарата Фитоп 26.82 помимо бактерий рода *Bacillus* в его состав был добавлен энтомопатогенный гриб *Beauveria bassiana* для усиления антигрибного эффекта, а также нематофаговые грибы *Arthrobotrys oligospora* и *Duddingtonia flagrans* для подавления нематод. Это обеспечивает биопрепарату более широкий спектр действия. Черная смородина также может страдать от поражения нематодами, которые помимо прямого ущерба способствуют распространению различного рода инфекций [21–23]. В целях защиты культуры от нематод следует применять препарат Фитоп 26.82, в состав которого входят нематофаговые грибы, однако на период данного исследования нематоды не были обнаружены.

Отсюда следует, что эффективность этих двух препаратов может зависеть как от защищаемой культуры, так и от проявления разных заболеваний.

ВЫВОДЫ

1. Применение препаратов на основе смесей микроорганизмов способствовало снижению пораженности септориозом листьев смородины в течение трех лет (2017–2019 гг.) в 2,2–3,8 раза при использовании Фитоп 26.82 и в 2,8–5,9 раза относительно контроля под влиянием Фитоп 8.67. Наиболее высокая биологическая эффективность биопрепарата Фитоп 8.67 наблюдалась через четыре недели после обработки и составила 83,1 %, для биопрепарата Фитоп 26.82 эта величина составила 81,7 % через 2 недели после применения. Выявлено, что наибольшая активность данных препаратов была при проявлении симптомов поражения смородины септориозом, с последующим пролонгированным защитным действием и высокой биологической активностью как Фитоп 26.82, так и Фитоп 8.67.

2. Пораженность смородины антракнозом снижалась в 2,2–4,8 раза под влиянием Фитоп 26.82 и в 1,8–5,3 раза под действием Фитоп 8.67 относительно контроля. Защитное действие используемых препаратов в отношении данного заболевания достигало максимальных значений через две недели после обработки насаждений смородины и составило 84,8 % под влиянием Фи-

топ 8.67 и 81 % при использовании Фитоп 26.82. Из этого следует, что наибольшая активность данных препаратов проявляется при появлении первых симптомов поражения растений смородины антракнозом.

3. Использование экспериментальных биопрепаратов Фитоп 26.82 и Фитоп 8.67 показало их перспективность в качестве экологически

безопасных средств защиты черной смородины против основных заболеваний культуры в условиях Сибири. При этом необходимо иметь в виду, что Фитоп 26.82 состоит из большего числа ингредиентов, включая нематофаговые грибы, и его более целесообразно применять на посадках смородины в присутствии фитопаразитических нематод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бахотская А.Ю., Князев С.Д. Устойчивые к биотическим факторам сорта смородины черной – основа высокопродуктивных агроценозов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2018. – Т. 19. – С. 87–90.
2. Резвякова С.В., Юдин Д.С. Защита насаждений чёрной смородины от сорной растительности // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 1. – С. 129–133.
3. Oczkowski M. Health-promoting effects of bioactive compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Berries // Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. – 2021. – Vol. 72, № 3. – P. 229–238.
4. Мясущева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 36–40.
5. Chrzanowski G., Sempruch C., Sprawka I. Investigation of phenolic acids in leaves of blackcurrant (*ribes nigrum* L.) and sour cherry (*Prunus cerasus* L.) // Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. – 2007. – Vol. 10, № 4. – P. 42.
6. Ягодные культуры: биологические особенности, болезни и вредители, сорта // Оценка сортов ягодных культур по хозяйственно ценным признакам в условиях Республики Коми. – 2020. – С. 9–46.
7. Трифонова Т.М., Цыренова Д.Ю. Совершенствование технологии выращивания смородины черной в Хабаровском крае с применением биопрепаратов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 5 (146) – С. 80–85.
8. Fenta L., Mekonnen H. Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: current perspectives and research directions // Scientifica. – 2024. – Vol. 2024, № 1. – P. 1–12.
9. Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review / V.M. Pathak [et al.] // Frontiers in microbiology. – 2022. – Vol. 13. – C. 1–29.
10. A Review on Eco-Friendly Pesticides and Their Rising Importance in Sustainable Plant Protection Practices / N.S. Verma [et al.] // International Journal of Plant & Soil Science. – 2023. – Vol. 35, № 22. – P. 200–214.
11. Biological control as an alternative to synthetic fungicides for the management of grey and blue mould diseases of table grapes: a review / H. Zhang [et al.] // Critical reviews in microbiology. – 2020. – Vol. 46, № 4. – P. 450–462.
12. Козлова Е.А. Биологизация системы защиты смородины черной – путь к снижению пестицидной нагрузки на ягодники и получению экологически чистой продукции // Плодоводство. – 2022. – Т. 25, № 1. – С. 419–426.
13. Козлова Е.А. Камеральное тестирование эффективности биофунгицида Витаплан против американской мучнистой росы на смородине черной и его апробация в системе защиты культуры // Плодоводство. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 365–371.
14. Валуцкая Д.С. Микробиологические средства защиты растений. Микробы-антагонисты и антибиотики, их применение в сельском хозяйстве // Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки: сб. науч. ст. по мат-м XII Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 12 мая 2023 г. Ч. 1. – Уфа, 2023. – С. 273–277.
15. Криворот А.М., Демидович Е.И. Биологический контроль болезней при выращивании и хранении плодов // Плодоводство. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 434–442.
16. Koul O., Cuperus G.W. Ecologically based integrated pest management. – CABI. – 2007. – 362 p.
17. Федорова Т.Д. Проблемы и перспективы развития биологической системы защиты растений // Академическая наука на службе обществу: сб. ст. Междунар. науч.-исслед. конкурса, Петрозаводск, 17 февраля 2022 г. – Петрозаводск, 2022. – С. 358–363.
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1999. – 606 с.
19. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. – Новосибирск, 2012 – 282 с.
20. Шпатов Т.В., Штерншис М.В., Козлова А.С. Биологический контроль пурпуровой пятнистости малины, вызванной *Didymella applanata*, при использовании смеси микробных агентов // Инновации и продовольственная безопасность. – 2023. – № 2(40). – С. 87–94.
21. Биологические средства защиты растений в борьбе с фитопаразитическими нематодами, другими патогенами и перспективы их использования в XXI веке / Н.Д. Романенко [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство. – 2008. – № 2. – С. 39–51
22. К вопросу разработки экологически безопасных методов борьбы с нематодами-переносчиками неовирусов на смородине черной в условиях Севера Подмосковья / Н.Д. Романенко [и др.] // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2017. – № 18. – С. 381–383.

23. Волкова М.В., Таболин С.Б., Волков Я.А. Почвенные нематоды плодовых агроценозов Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – № 148. – С. 136–142.

REFERENCES

1. Bahotskaja A.Ju., Knjazev S.D., *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo centra sadovodstva, vinogradarstva, vinodelija*, 2018, T. 19, pp. 87–90. (In Russ.)
2. Rezvjakova S.V., Judin D.S., *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*, 2021, No. 1, pp. 129–133. (In Russ.)
3. Oczkowski M., Health-promoting effects of bioactive compounds in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) Berries, *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 2021, Vol. 72, No. 3, pp. 229–238.
4. Mjasishheva N.V., *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv*, 2013, No. 3, pp. 36–40. (In Russ.)
5. Chrzanowski G., Sempruch C., Sprawka I., Investigation of phenolic acids in leaves of blackcurrant (*ribes nigrum* L.) and sour cherry (*Prunus cerasus* L.), *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 2007, Vol. 10, No. 4, pp. 42–46.
6. *Ocenka sortov jagodnyh kul'tur po hozjajstvenno-cennym priznakam v uslovijah Respubliki Komi* (Evaluation of berry crop varieties by economically valuable characteristics in the conditions of the Komi Republic), 2020, pp. 9–46. (In Russ.)
7. Trifonova T.M., Tsyrenova D.Yu., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 5(146), pp. 80–85. (In Russ.)
8. Fenta L., Mekonnen H., Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of phytopathogens: current perspectives and research directions, *Scientifica*, 2024, Vol. 2024, No. 1, pp. 1–12.
9. Pathak V.M. et al., Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review, *Frontiers in microbiology*, 2022, Vol. 13, pp. 1–29.
10. Verma N.S. et al., A Review on Eco-Friendly Pesticides and Their Rising Importance in Sustainable Plant Protection Practices, *International Journal of Plant & Soil Science*, 2023, Vol. 35, No. 22, pp. 200–214.
11. Zhang H. et al., Biological control as an alternative to synthetic fungicides for the management of grey and blue mould diseases of table grapes: a review, *Critical reviews in microbiology*, 2020, Vol. 46, No. 4, pp. 450–462.
12. Kozlova E.A., *Plodovodstvo*, 2022, T. 25, No. 1, pp. 419–426. (In Russ.)
13. Kozlova E.A., *Plodovodstvo*, 2022, T. 26, No. 1, pp. 365–371. (In Russ.)
14. Valujskaja D.S., *Fundamental'nye i prikladnye aspekty razvitija sovremennoj nauki* (Fundamental and applied aspects of the development of modern science), Proceedings of the Conference Title, Ufa, 2023, pp. 273–277. (In Russ.)
15. Krivorot A.M., Demidovich E.I., *Plodovodstvo*, 2022, T. 26, No. 1, pp. 434–442. (In Russ.)
16. Koul O., Cuperus G. Shh., Ecologically based integrated pest management, *CABI*, 2007, 362 p.
17. Fedorova T.D., *Akademicheskaja nauka na sluzhbe obshchestvu* (Academic science in the service of society), Collection of articles, Petrozavodsk, 2022, pp. 358–363. (In Russ.)
18. *Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur* (Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops), Orel, 1999, 606 p.
19. Sorokin O.D., *Prikladnaja statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Novosibirsk, 2012, 282 p.
20. Shpatova T.V., Shternshis M.V., Kozlova A.S., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost*, 2023, No. 2(40), pp. 87–94. (In Russ.)
21. Romanenko N.D. i dr., *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo*, 2008, No. 2, pp. 39–51. (In Russ.)
22. Romanenko N.D. i dr., *Teorija i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami*, 2017, No. 18, pp. 381–383. (In Russ.)
23. Volkova M.V., Tabolin S.B., Volkov Ya.A., *Bjulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2024, No. 148, pp. 136–142. (In Russ.)

Информация об авторах:

Т.В. Шпатова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры защиты растений Новосибирского ГАУ

М.В. Штерншис, доктор биологических наук, профессор

А.С. Козлова, аспирант

Contribution of the authors:

T.V. Shpatova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

M.V. Shternshis, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.S. Kozlova, Ph.D. Student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-120-133

УДК 637.054: 664.955

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО И ЛИПИДНОГО СОСТАВА ИКОРНОГО ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ*

¹З.М. Арабова, ²И.Ю. Алексанян, ³А.Х.-Х. Нугманов, ³И.А. Бакин, ²О.И. Коннова, ³А.С. Мустафина,
³Д.С. Аникина

¹Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, Москва, Россия

²Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

E-mail: bakin@rgau-msha.ru

Для цитирования: Исследование аминокислотного и липидного состава икорного вторичного сырья пресноводных рыб / З.М. Арабова, И.Ю. Алексанян, А.Х.-Х. Нугманов, И.А. Бакин, О.И. Коннова, А.С. Мустафина, Д.С. Аникина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 120–133. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-120-133.

Ключевые слова: отходы переработки пресноводных рыб, икорно-ястычный комплекс, липидные кислоты, фосфолипиды, аминокислотный состав, биологическая ценность, лецитин.

Реферат. При промышленной переработке рыбного сырья возникают проблемы с утилизацией отходов, например, икры частиковых видов рыб (толстолобик, сазан, судак, сом). Икорное вторичное сырье по химическому составу сопоставимо с основным рыбным полуфабрикатом. Перспективно выделение из вторичных материалов биологически активных соединений. Исследование компонентного состава фосфолипидных и протеиновых комплексов сырья позволит обосновать биологическую эффективность конечных пищевых добавок. Для организации рациональной индустриальной переработки рыбного вторичного сырья необходима информация об его аминокислотном составе и комплексе липидных кислот. Целью данного исследования послужило экспериментальное определение аминокислотного состава белковой фракции, а также доли жирных кислот и фракций фосфолипидов во вторичном икорном сырье пресноводных рыб. Исследованы икра толстолобика, сазана, судака и сома, отвечающая по морфологическим параметрам IV стадии зрелости. Анализ данных аминокислотного состава сырья показал, что сумма незаменимых аминокислот в ней больше, чем в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыбы. Основными преобладающими компонентами являются треонин и лейцин. В числе полиненасыщенных жирных кислот в исследуемом икорном сырье преобладает пальмитиновая кислота. Среди основных ненасыщенных жирных кислот в объектах исследования выделена линолевая кислота. Выявлено соотношение фракций фосфолипидов для исследуемых икорных образцов. Преобладание фосфатидилхолина определяется его массовой концентрацией в пределах от 80 до 90 % с учетом вида рыбы. Высокие доли фосфолипидного комплекса в составе икорного вторичного сырья обуславливают высокие эмульгирующие характеристики объектов исследования. Предложено использование переработанного вторичного сырья для получения фракционированного лецитина.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева по программе стратегического академического лидерства «Приоритет–2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16 февраля 2023 г.).

INVESTIGATION OF AMINO ACID AND LIPID COMPOSITION OF CAVIAR SECONDARY RAW MATERIALS OF FRESHWATER FISH*

¹Z.M. Arabova, ²I.Y. Aleksanyan, ³A.H.-H. Nugmanov, ³I.A. Bakin, ²O.I. Konnova, ³A.S. Mustafina,
³D.S. Anikina

¹Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

³Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy Climent A. Timiryazev, Moscow, Russia

E-mail: nugmanov@rgau-msha.ru

Keywords: freshwater fish, fish processing waste, caviar complex, fatty acids, phospholipids, amino acid composition, biological value, lecithin.

Abstract. During the industrial processing of fish raw materials, problems arise with the disposal of waste, such as caviar from small fish species (carp, silver carp, catfish, catfish). Caviar secondary raw materials are chemically comparable to the main semi-finished fish product. The isolation of biologically active compounds from secondary materials is promising. The study of the component composition of phospholipid and protein complexes of raw materials will make it possible to substantiate the biological effectiveness of final food additives. For the organization of rational industrial processing of fish secondary raw materials, information on its amino acid composition and complex of lipid acids is necessary. The purpose of this study was the experimental determination of the amino acid composition of the protein fraction, as well as the proportion of fatty acids and phospholipid fractions in the secondary caviar raw materials of freshwater fish. The eggs of silver carp, carp, catfish, and catfish, corresponding to the morphological parameters of the IV stage of maturity, were studied. Analysis of the data on the amino acid composition of the raw material showed that the amount of essential amino acids in it exceeds that in an ideal protein by 20–25%, taking into account the type of fish. The main predominant components are threonine and leucine. Palmitic acid predominates among the polyunsaturated fatty acids in the studied caviar raw materials. Among the main unsaturated fatty acids in the objects of study, linoleic acid was isolated. The ratio of phospholipid fractions for the studied caviar samples was revealed. The prevalence of phosphatidylcholine is determined by its mass concentration in the range from 80% to 90%, taking into account the type of fish. The high proportions of the phospholipid complex in the composition of caviar secondary raw materials determine the high emulsifying characteristics of the objects of study. The use of recycled secondary raw materials for the production of fractionated lecithin is proposed.

*The research was carried out with the financial support of the Timiryazev Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy under the Strategic Academic Leadership Program “Priority 2030” (Agreement No. 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО), производство рыбы увеличивается на 3,0 % в год с 1961 г., например, в 2020 г. было произведено 214 млн т рыбных отходов [1], состоящих из внутренностей, туш, голов, кожи и костей. Также можно отметить, что при коммерческом вылове побочные продукты переработки рыбы составляют примерно 60–70 % веса живой рыбы. Очевидно, что биологические отходы образуются в больших количествах в результате растущей разведки морских ресурсов, при этом замечен положительный рост понимания у рыбопереработчиков их биологической ценности, то, что раньше считалось биологическими отходами, теперь считается потенциальным вторичным сырьем для глубокой переработки. Это подтверждается различными исследованиями на предмет возможности производить из рыбных отходов полезную биологически активную пищевую продукцию, например: гидролизаты, изоляты, коллагены, ферменты, белки и рыбий жир [1–5]. Комплексное использование водных биоресурсов даст возможность снизить себестоимость производства обозначенных продуктов, а также расширить их номенклатуру.

Вторичные сырьевые материалы при индустриальной обработке частиковых рыб, к примеру,

невостребованная на рынке рыбная икра, реализуются для ряда пищевых продуктов, включая функциональные [4, 6]. Высокое относительное содержание липидов, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), макро- и микроэлементов предопределяет выявление инновационных продуктов и способов их реализации для большого ассортимента, но ингредиентный и химический составы вторичных сырьевых материалов при разделывании рыбы существенно варьируются под влиянием ряда факторов, таких, например, как ареал обитания и питания, возраст и др. [7]. Отходы рыбопереработки могут быть использованы для производства удобрений для растений, кормов для животных и специальных продуктов с добавленной стоимостью, таких как рыбий жир и коллаген, которые можно будет выделить и использовать в качестве пищевой добавки. Рыбные субпродукты являются отличным источником белка, фосфолипидов, растворимых витаминов и биологически активных соединений, ведь у рыбных пептидов обнаружены антиоксидантные, антигипертензивные и антитромботические свойства [1]. Все это обуславливает необходимость изучения и анализа химического состава икры толстолобика, сазана, судака и сома, дающего возможность обосновать рациональные пути

производства из них востребованной фосфолипидной и протеиновой продукции.

Следует отметить, что Россия по объему промысла и разведения судака, сазана, сома и толстолобика является мировым лидером [8], но опубликованных результатов исследования по составу и характеристикам их икры нет, кроме толстолобика, для которого их тоже недостаточно [9, 10].

Цель исследований – провести изучение и системный ориентированный анализ аминокислотного состава протеиновой части, биологической эффективности доли жирных кислот и фракций фосфолипидов в икорно-ястычном комплексе (ИЯК) толстолобика, сазана, судака и сома.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом изучения послужил охлажденный ИЯК толстолобика, сазана, судака и сома весеннего вылова из Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. Икра выбиралась таким образом, чтобы по морфологическим признакам она соответствовала IV стадии зрелости. Изучаемые пробы выдерживались при $8 \pm 2^\circ\text{C}$ не более 5 сут после извлечения из тела рыб.

Пробоподготовку для определения аминокислотного состава ИЯК в исследуемых видах рыб проводили стандартным методом по ГОСТ 32195–2013. Белок из обезжиренных проб рыбной икры гидролизovali 6 М раствором соляной кислоты 24 ч при 110°C в сушильном шкафу

BINDER RE 53 (BINDER GmbH, Германия). Для анализа гидролизатов реализована ионообменная хроматография с постколоночной дериватизацией [11] на анализаторе аминокислот Sykam S433 (Sykam GmbH, Германия) в ступенчатом режиме двух Na-цитратных буферов в соответствии с инструкцией производителя.

Изучение липидо-кислотного состава ИЯК осуществляли на газовом хроматографе NexisGC-2030AF (Япония). С целью выделения отдельных фракций фосфолипидов применялся метод двухмерной тонкослойной хроматографии по известной методике [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Был исследован ИЯК толстолобика, сазана, судака и сома. На рис. 1–4 показаны хроматограммы их аминокислотного состава.

В процессе хроматографического анализа расход элюента составил 0,45 мл/мин, нингидрина – 0,25 мл/мин, температура колонки – 60°C . Использовали колонку для ионообменной хроматографии (модель ТВЕС.414538.005-01) $4,6 \times 150$ мм, заполненную катионообменной смолой с размером частиц 7 мкм. По морфологическим признакам изучаемые ИЯК были 4-й стадии зрелости.

В табл. 1–4 представлена расшифровка аминокислотного состава исследуемых видов ИЯК, полученных из анализа хроматограмм (см. рис. 1–4).

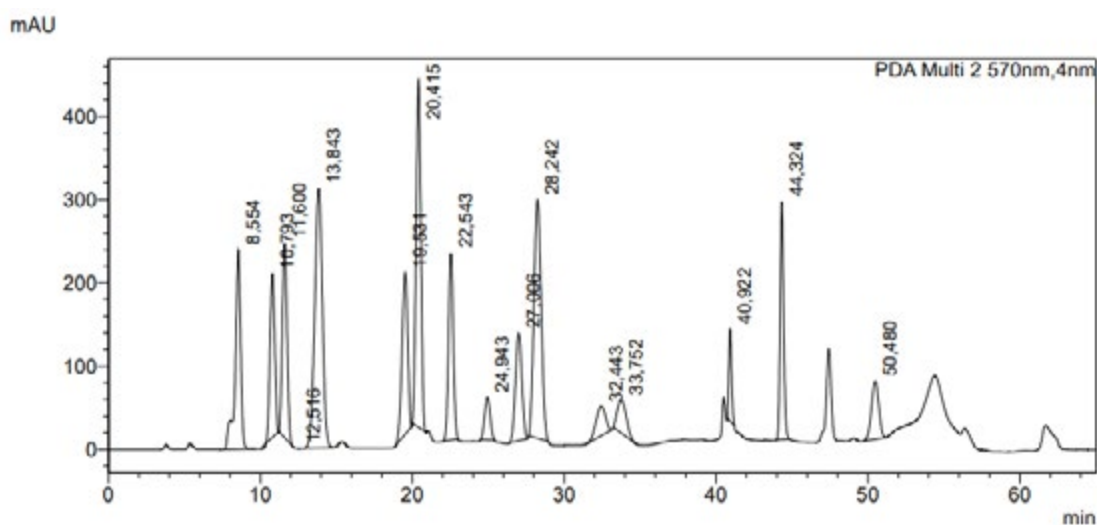


Рис. 1. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК толстолобика
Chromatogram of the amino acid composition of carp caviar

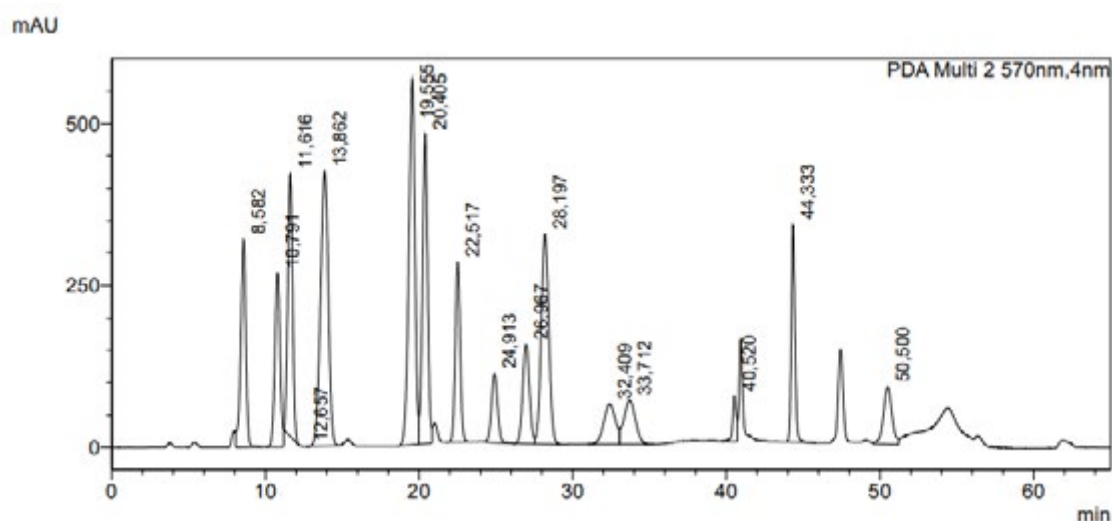


Рис. 2. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК сазана
Chromatogram of the amino acid composition of carp caviar

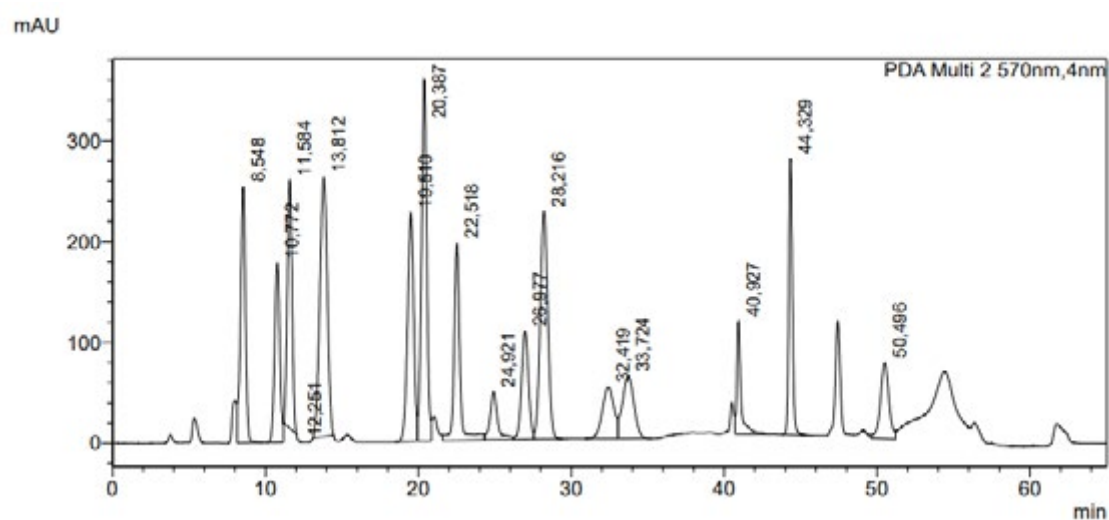


Рис. 3. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК судака
Chromatogram of the amino acid composition of walleye caviar

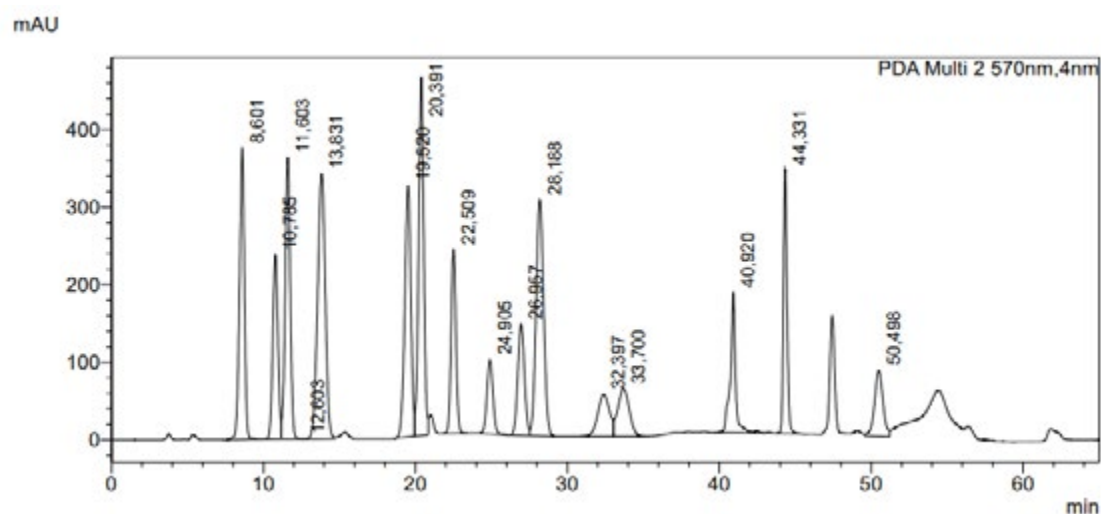


Рис. 4. Хроматограмма состава аминокислот ИЯК сома
Chromatogram of the amino acid composition of catfish caviar

Таблица 1

Аминокислотный состав содержания ИЯК толстолобика
Amino acid composition of fathead carp content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,79	4224125	5,76
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,55	5944025	8,11
3	SER	Серин	12,53	7	0
4	THR	Треонин	11,5	5061002	7
5	PRO	Пролин	15,37	1877691	2,57
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,83	10904632	15
7	ALA	Аланин	20,41	9078343	12,3
8	GLY	Глицин	19,54	5059057	7
9	MET	Метионин	24,93	1319592	1,7
10	VAL	Валин	22,53	4884832	6,67
11	LEU	Лейцин	28,25	9517130	13,1
12	ILEU	Изолейцин	27,001	3786981	5,19
13	PHE	Фенилаланин	33,74	1672261	2,28
14	TYR	Тирозин	32,45	1544636	2,13
15	LYS	Лизин	44,31	4603177	6,2
16	HYS	Гистидин	40,93	1366840	1,89
17	ARG	Аргинин	50,47	2354281	3,22

Таблица 2

Аминокислотный состав содержания ИЯК сазана
Amino acid composition of carp caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	ASP	Аспаргиновая кислота	8,582	7304254	6,71
2	MET SULF	Метионин сульфон	10,79	6345383	5,83
3	SER	Серин	12,67	1	0,00
4	THR	Треонин	11,61	8880879	8,15
5	PRO	Пролин	15,39	2509704	2,34
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,85	14991440	13,79
7	ALA	Аланин	20,4	11060513	10,16
8	GLY	Глицин	19,57	15722941	14,46
9	MET	Метионин	24,9	2961059	2,72
10	VAL	Валин	22,53	6111687	5,64
11	LEU	Лейцин	28,19	11181083	10,27
12	ILEU	Изолейцин	26,98	4705435	4,34
13	PHE	Фенилаланин	33,69	3588319	3,3
14	TYR	Тирозин	32,41	3342854	3,09
15	LYS	Лизин	44,29	5508349	5,06
16	HYS	Гистидин	40,51	1192754	1,12
17	ARG	Аргинин	50,49	3434822	3,16

Таблица 3

Аминокислотный состав содержания ИЯК судака
Amino acid composition of pikeperch caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,78	4185731	5,67
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,55	5651010	7,63
3	SER	Серин	12,25	1	0
4	THR	Треонин	11,58	5272632	7,13
5	PRO	Пролин	15,34	1546813	2,09
6	GLU	Глутаминовая кислота	13,82	8764765	11,87
7	ALA	Аланин	20,38	8534882	11,54
8	GLY	Глицин	19,5	6393666	8,65
9	MET	Метионин	24,93	1661757	2,26
10	VAL	Валин	22,51	5202100	7,03
11	LEU	Лейцин	28,21	7816922	10,57
12	ILEU	Изолейцин	26,99	3391402	4,61
13	PHE	Фенилаланин	33,72	3256908	4,39
14	TYR	Тирозин	32,41	2731122	3,71
15	LYS	Лизин	44,32	4522194	6,12
16	HYS	Гистидин	40,94	2103218	2,86
17	ARG	Аргинин	50,39	2916846	3,94

Таблица 4

Аминокислотный состав содержания ИЯК сома
Amino acid composition of catfish caviar content

№ п/п	Обозначение аминокислоты	Название аминокислоты	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
1	MET SULF	Метионин сульфон	10,8	5571529	5,69
2	ASP	Аспаргиновая кислота	8,59	8425601	8,58
4	SER	Серин	12,61	1	0
3	THR	Треонин	11,59	8389751	8,55
6	PRO	Пролин	15,35	1798052	1,83
5	GLU	Глутаминовая кислота	13,84	12036127	12,27
8	ALA	Аланин	20,4	10768673	10,99
7	GLY	Глицин	19,51	9073110	9,257
9	MET	Метионин	24,89	2651895	2,69
10	VAL	Валин	22,52	5244246	5,36
11	LEU	Лейцин	28,2	10457871	10,66
12	ILEU	Изолейцин	26,95	4396797	4,5
13	PHE	Фенилаланин	33,69	3255881	3,32
14	TYR	Тирозин	32,41	2908002	2,98
15	LYS	Лизин	44,32	5598139	5,71
16	HYS	Гистидин	40,93	4262521	4,36
17	ARG	Аргинин	50,49	3288043	3,35

В 100 г идеального белка регламентированы доли каждой из незаменимых аминокислот (НАК). Для выявления аминокислотного состава любой субстанции надо рассчитать доли аминокислот в 100 г белковой составляющей и сравнить долю той или иной аминокислоты со стандартной шкалой ФАО/ВОЗ [3, 9, 13].

Результаты исследований биологической ценности белка, выявляемой по качественному и количественному аминокислотному составу ИЯК изучаемых видов рыб, соответствием идеальному белку, представлены в табл. 5–8.

Таблица 5

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК толстолобика
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of thickhead trout caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	4	5,15	128
Валин	5	6,67	134
Лизин	5	6,29	113
Лейцин	7	13,1	186
Треонин	4	6,91	174
Метионин + Цистин	3,6	1,8	52
Фенилаланин + Тирозин	6	4,29	73
Суммарное количество	34,6	44,24	126

Таблица 6

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК сазана
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of carp caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Валин	5,0	5,63	113
Изолейцин	4,0	4,31	107
Лейцин	7,0	10,28	147
Метионин + Цистин	3,6	2,74	78
Лизин	5,4	5,04	94
Фенилаланин + Тирозин	6,1	6,37	106
Треонин	3,9	8,16	204
Суммарное количество	35,0	42,51	122

Таблица 7

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК судака
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of pikeperch caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
1	2	3	4
Изолейцин	4	4,57	113
Валин	5	7,05	144
Лизин	5,6	6,1	109
Лейцин	6,9	10,59	151
Треонин	4	7,11	178
Метионин + Цистин	3,6	2,27	64

Окончание табл. 7

1	2	3	4
Фенилаланин + Тирозин	5,9	8,07	137
Суммарное количество	35,0	45,77	133

Биологическая ценность белковой составляющей, доля которой в ИЯК пресноводных рыб варьируется от 20 до 25 %, служит одним из главных параметров оценки пищевых материалов.

Особую значимость имеют НАК, не синтезируемые в человеческом организме и приобретаемые лишь с пищей.

Таблица 8

Соотношение аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей ИЯК сома
Ratio of amino acid composition of ideal protein and protein component of catfish caviar

НАК	Идеальный протеин	Относительное содержание аминокислоты г/100 г протеина	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	4	4,48	110
Валин	5	5,34	109
Лизин	5,6	5,73	102
Лейцин	6,9	10,66	154
Треонин	4,1	8,55	212
Метионин + Цистин	3,4	2,7	79
Фенилаланин + Тирозин	6,1	6,26	105
Общее количество	35,0	43,71	126

Изучение результатов, сведенных в табл. 5–8 указывает на то, что сумма НАК ИЯК сазана, толстолобика, сома и судака больше, чем этот параметр в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыб, среди которых преобладают треонин и лейцин, обуславливающие развитие и нормальную жизнедеятельность организма [3, 9]. В числе заменимых аминокислот преобладает глутаминовая кислота, играющая существенную роль в азотистом обмене и служащая нейромедиатором, а также аланин, как энергетический источник

для центральной нервной системы и головного мозга [3, 14].

Биологическая эффективность жиров ИЯК обусловлена перечнем и долей жирных кислот. Суммарное количество жиров в ИЯК толстолобика составляет 11,40 %; сазана – 9,86 %; судака – 5,42; сома – 9,12 % соответственно. Было протестировано четыре различных вида ИЯК (толстолобика, сазана, судака и сома). На рис. 5–8 представлены типичные хроматограммы их жирно-кислотного состава.

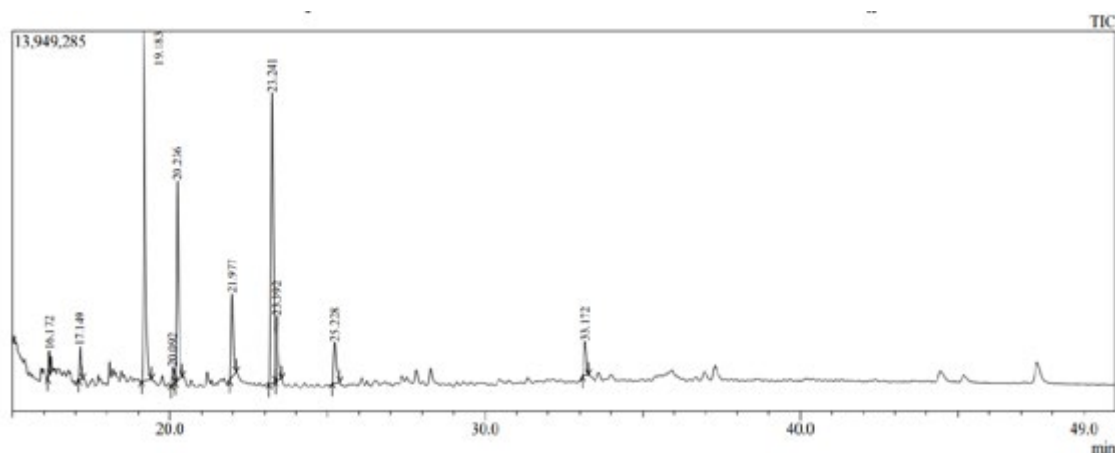


Рис. 5. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры толстолобика
Chromatogram of fatty acid composition of carp caviar

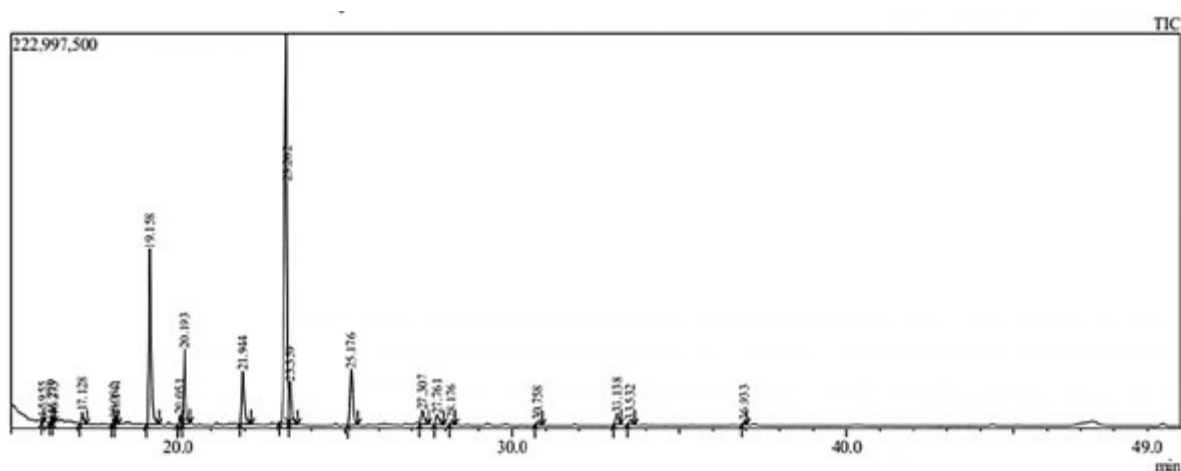


Рис. 6. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры сазана
Chromatogram of fatty acid composition of carp roe

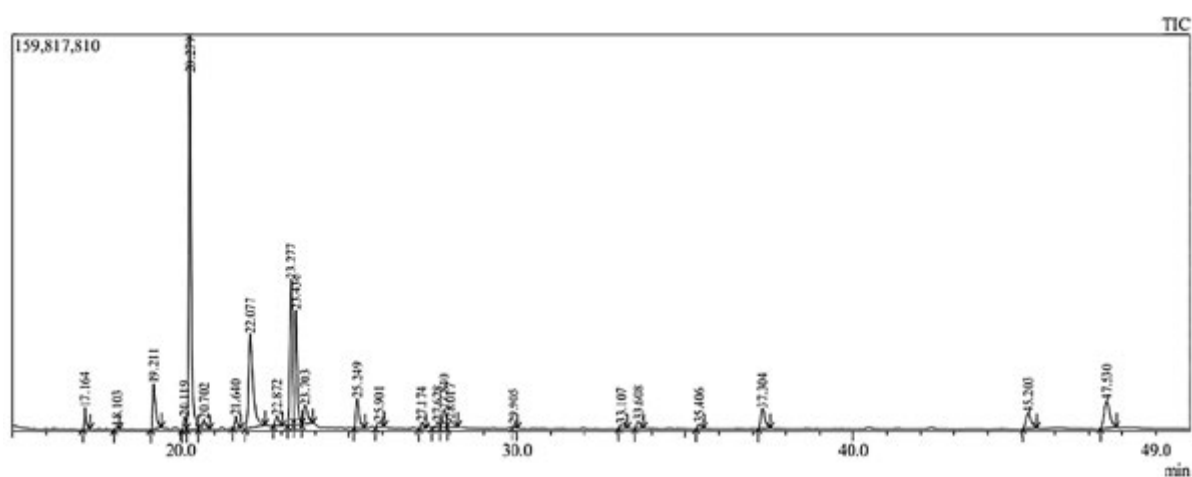


Рис. 7. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры судака
Chromatogram of fatty acid composition of walleye caviar

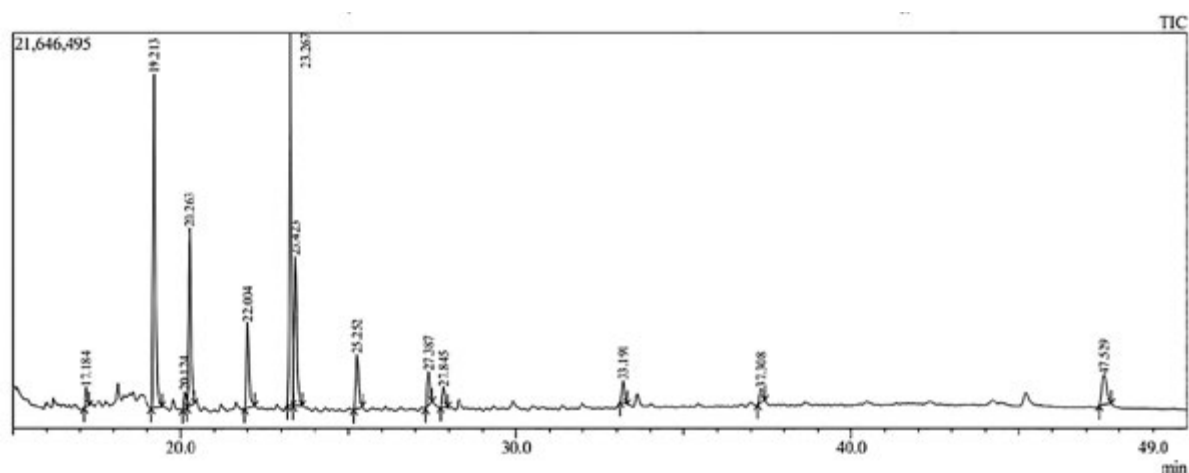


Рис. 8. Хроматограмма жирно-кислотного состава икры сома
Chromatogram of fatty acid composition of catfish roe

В табл. 9–12 представлен жирно-кислотный состав исследуемых видов икры, полученный из анализа хроматограмм (см. рис. 5–8).

Таблица 9

Жирно-кислотный состав содержания ястыков толстолобика
Fatty-acid composition of fatty acid content of capelin carcasses

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				40,51
1	Миристиновая (C14:0)	17,149	4138875	2,19
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,183	58082808	30,67
3	Стеариновая (C18:0)	21,977	14494689	7,65
Мононенасыщенные, в том числе				54,87
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,236	34062524	17,98
5	Олеиновая (C18:1)	23,241	57039119	30,14
6	Олеиновая (C18:1)	23,392	12777898	6,75
Полиненасыщенные, в том числе				4,62
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,228	8767108	4,62

Таблица 10

Жирно-кислотный состав содержания ястыков сазана
Fatty-acid composition of carp carcass contents

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				27,49
1	Миристиновая (C14:0)	17,129	26781788	1,16
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,157	457448331	19,95
3	Стеариновая (C18:0)	21,945	146318876	6,39
Мононенасыщенные, в том числе				63,31
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,194	188177940	8,2
5	Олеиновая (C18:1)	23,261	1220116012	53,2
6	Гондовая (C20:1)	27,308	43613397	1,91
Полиненасыщенные, в том числе				9,20
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,175	176999477	7,71
8	Линоленовая (C18:3) ω3	27,762	34021455	1,49

Таблица 11

Жирно-кислотный состав содержания ястыков судака
Fatty acid composition of pikeperch core content

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				7,09
1	Миристиновая (C14:0)	17,164	32771028	1,74
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,211	100564021	5,35
Мононенасыщенные, в том числе				73,66
3	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,279	755717308	40,16
4	Гептадеценовая (C17:1)	21,640	23202686	1,23
5	Олеиновая (C18:1)	23,436	232700800	30,60
6	Гондовая (C20:1)	27,174	12646849	1,67
Полиненасыщенные, в том числе				19,25
7	Линолевая (C18:2) ω6	25,249	70104524	7,15
8	Линоленовая (C18:3) ω3	27,840	47057056	2,49
9	Докозогексаеновая (C22:6) ω3	47,530	118556905	6,30
10	Генэйкозапентаеновая (C21:5) ω3	37,304	62180851	3,31

Таблица 12

Жирно-кислотный состав содержания ястыков сома
Fatty-acid composition of catfish testicles content

№ п/п	Название жирных кислот	Время удерживания	Площадь пика	Содержание, %
Насыщенные, в том числе				32,64
1	Миристиновая (C14:0)	17,184	3716350	1,10
2	Пальмитиновая (C16:0)	19,213	82140641	24,30
3	Стеариновая (C18:0)	22,004	24492892	7,24
Мононенасыщенные, в том числе				62,23
4	Пальмитоолеиновая (C16:1)	20,263	45176108	13,36
5	Олеиновая (C18:1)	23,267	105847242	31,31
6	Олеиновая (C18:1)	23,423	45395199	13,42
7	Гондовая (C20:1)	27,387	9923425	4,14
Полиненасыщенные, в том числе				5,13
8	Линолевая (C18:2) ω6	25,252	17290901	5,13

Изучение состава жирных кислот указывает на то, что в исследуемых икорных объектах, которые по морфологическим признакам соответствуют 4-й стадии зрелости, преобладает сумма мононенасыщенных (54,87 % – толстолобик; 63,31 % – сазан; 73,66 % – судак и 62,23 % – сом), насыщенные жирные кислоты по доле стоят на второй позиции, кроме икры судака (40,51 % – толстолобик; 27,49 % – сазан; 7,09 % – судак и 32,64 % – сом), а полиненасыщенные – третье, опять же за исключением судака (4,62 % – толстолобик; 9,20 % – сазан; 19,25 % – судак и 5,13 % – сом). Общее число классов жирных

кислот больше рекомендуемого, причем их потребление равно для насыщенных жирных кислот (НЖК) – 25; мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) – 30 и ПНЖК – 11 г/сут [10, 11, 14], кроме кислот полиненасыщенных, а для судака к тому же насыщенных.

Для жиров биоэффективность обусловлена перечнем и долями жирных кислот [8], а также соотношением подгрупп кислот (табл. 13). Соотношение должно быть следующим:

НЖК/МНЖК/ПНЖК – 1:1:1;

ПНЖК/НЖК – 0,2–0,4.

Таблица 13

Биологическая эффективность липидного состава ИЯК исследуемых видов рыб
через соотношение отдельных групп кислот
Biological efficiency of lipid composition of eggs of the investigated fish species through the ratio
of separate groups of acids

Жиры ИЯК	Соотношение долей	
	НЖК/МНЖК/ПНЖК	ПНЖК/НЖК
Идеальный липид	1,00:1,00:1,00	0,2–0,4
Толстолобик	0,74:1,00:0,08	0,11
Сазан	0,43:1,00:0,15	0,33
Судак	0,10:1,00:0,26	0,36
Сом	0,52:1,00:0,08	0,16

Изучение результатов табл. 13 указывает на то, что соотношение подгрупп кислот жиров ИЯК для обозначенных объектов не отвечает идеальному жиру, при этом частично соответствуют липиды ИЯК сазана и судака.

Существенным параметром при формировании пастообразных и эмульсионных субстанций служит доля фосфатидилхолина с эмульгирующими характеристиками. Для оценки доли этого соединения в ИЯК осуществлено изучение фракционного соотношения фосфолипидов (табл. 14).

Таблица 14

Фракционное соотношение фосфолипидов ИЯК анализируемых видов рыб
Fractional ratio of NPS phospholipids of analyzed fish species

Обозначение	Массовая концентрация фракций, % от суммарного количества фосфолипидов			
	Толстолобик	Сазан	Судак	Сом
Фосфатидилхолин	88,13	86,54	79,92	90,63
Фосфатидилэтаноламин	5,87	6,78	9,72	6,14
Фосфатидилсерин	1,65	1,13	2,84	1,66
Сфингомиелин	3,73	4,09	5,22	1,11
Лизофосфатидилхолин	0,62	1,46	2,30	0,46

Из полученных данных следует, что для всех фракций фосфолипидов изучаемого ИЯК свойственно преобладание доли фосфатидилхолина, которая варьируется в пределах от 80 до 90% с учетом вида рыбы. Полученные данные соответствуют результатам исследований ученых, указывающих на превалирование в ИЯК фосфатидилхолина [3, 15], который включен в состав биологических мембран. Он обуславливает их структурную и функциональную специфику как эмульгатора. Повышенное содержание фосфолипидного комплекса в составе икорно-ястычного комплекса обуславливают их эмульгирующие характеристики, что позволяет рекомендовать переработанное вторичное сырье для получения фракционированного лецитина.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что вторичное сырье промышленной переработки рыбы частиковых видов по химическому составу сопоставимо с основным рыбным полуфабрикатом. Перспективно выделение из вторичных материалов биологически активных соединений в виде фосфолипидных и

протеиновых комплексов для использования в качестве пищевых добавок.

2. Анализ исследования аминокислотного состава икорно-ястычного комплекса сазана, толстолобика, сома и судака, которые по морфологическим параметрам отвечают 4-й стадии зрелости, показал, что сумма аминокислотного состава идеального белка и белковой составляющей в нем больше этого параметра в идеальном белке на 20–25 % с учетом вида рыбы. В числе незаменимых аминокислот превалируют треонин и лейцин. В числе насыщенных жирных кислот превалирует пальмитиновая кислота. Среди ПНЖК обозначенных ИЯК выделяется линолевая кислота.

3. Выявленное соотношение фракций фосфолипидов исследуемых ИЯК при превалировании фосфатидилхолина с массовой концентрацией находится в пределах от 80 до 90% с учетом вида рыбы. Высокие значения содержания фосфолипидов в составе икорно-ястычного комплекса обуславливают эмульгирующие характеристики объектов исследования, что позволяет использовать переработанное вторичное сырье для получения фракционированного лецитина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein food* / S.R. Derkach, V.A. Grokhovsky, L.K. Kuranova [et al.] // *Foods and Raw materials*. – 2017. – Vol. 5 (2). – P. 15–23. – DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-15-23.
2. *Влияние методов тепловой обработки на пищевую ценность кулинарной продукции из рыбы* / О.В. Лисиченко, В.В. Коршунова, Н.Г. Ворожейкина [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2014. – № 4 (33). – С. 100–104.
3. *The study of the variability of morphobiological indicators of different size and weight groups of hybrid silver carp (Hypophthalmichthys spp.) as a promising direction of development of the fish processing industry* / Makarenko Alina, Mushtruk, Mikhail, Rudyk-Leuska [et al.] // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – 2021. – Vol.15. – P. 181–191. – DOI: 10.5219/1537.
4. *Биопотенциал вторичного сырья икорного производства для получения биологически ценной белковой продукции* / Д.В. Полещук, Л.Ю. Подленный, С.Н. Максимова [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. – 2023. – № 3 (192). – С. 167–173.

5. *Exploiting of Secondary Raw Materials from Fish Processing Industry as a Source of Bioactive Peptide-Rich Protein Hydrolysates* / G.G. Phadke, N.B. Rathod, F. Ozogul [et al.] // *Marine Drugs*. – 2021. – Vol. 19 (9). – P. 480. – DOI: 10.3390/md19090480.
6. *Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives* / M.A. Farag, B. Abib, S. Tawfik [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 110. – P. 405–417. – DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.015.
7. *Characterization of Protein Hydrolysates from Fish Discards and By-Products from the North-West Spain Fishing Fleet as Potential Sources of Bioactive Peptides* / A. Henriques, J.A. Vázquez, J. Valcarcel [et al.] // *Marine Drugs*. – 2021. – Vol. 19 (9). – P. 338. – DOI: 10.3390/md19060338.
8. Махутова О.Н., Гладышев М.И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2020. – Т. 106, № 5. – С. 601–621.
9. Mol S., Turan S. Comparison of proximate, fatty acid and amino acid compositions of various types of fish roes // *International Journal of Food Properties*. – 2008. – Vol. 11, No. 3. – P. 669–677.
10. *Determination of Lipid Peroxidation and Fatty Acid Compositions in the Caviars of Rainbow Trout and Carp* / Ayşe Gürel Inanlı, Özlem Emir Çoban, Ökkeş Yılmaz [et al.] // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. – 2018. – P. 1–8. – DOI: 10.1080/10498850.2018.1499688.
11. *Хроматографический анализ состава белков плодов расторопши пятнистой, произрастающей в Республике Дагестан* / А.Ш. Рамазанов, Ш.А. Балаева., О.Б. Рудаков [и др.] // *Сорбционные и хроматографические процессы*. – 2021. – Т. 21, № 5. – С. 697–707.
12. *Two-dimensional high-performance thin-layer chromatography for the characterization of milk peptide properties and a prediction of the retention behavior – a proof-of-principle study* / M. Treblin, T. Oesen, L.-C. Class [et al.] // *Journal of Chromatography A*. – 2021. – Vol. 1653. – P. 462442. – DOI: 10.1016/j.chroma.2021.462442.
13. *Определение теплотехнических показателей икры сазана как объекта замораживания и источника лецитина* / В.Э. Поликарпова, И.Ю. Алексанян, З.М. Арапова [и др.] // *Индустрия питания*. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 25–35.
14. *Химический состав российских пищевых продуктов: Справ. / Под ред. член-кор. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна*. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
15. *Physical and oxidative stability of high fat fish oil-in-water emulsions stabilized with sodium caseinate and phosphatidylcholine as emulsifiers* / B. Yesiltas, P.J. García-Moreno, A.-D.M. Sørensen [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 276. – P. 110–118. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.172.

REFERENCES

1. Derkach S.R., Grokhovsky V.A., Kuranova L.K., Volchenko V.I., Nutrient analysis of underutilized fish species for the production of protein food, *Foods and Raw materials*, 2017, Vol. 5, No. 2, pp. 15–23, DOI: 10.21603/2308-4057-2017-2-15-23.
2. Lisichenok O.V., Korshunova V.V., Vorozhejkina N.G., Tarabanova E.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2014, No. 4 (33), pp. 100–104. (In Russ.)
3. Makarenko A., Mushtruk M., Rudyk-Leuska N. et al., The study of the variability of morphobiological indicators of different size and weight groups of hybrid silver carp (*Hypophthalmichthys* spp.) as a promising direction of development of the fish processing industry, *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2021, Vol. 15, pp. 181–191, DOI: 10.5219/1537.
4. Poleshhuk D.V., Podlennyj L.Yu., Maksimova S.N., Volkov V.V., Kalinina N.S., *Vestnik KrasGAU*, 2023, No. 3 (192), pp. 167–173. (In Russ.)
5. Phadke G.G., Rathod N.B., Ozogul F. et al., Exploiting of Secondary Raw Materials from Fish Processing Industry as a Source of Bioactive Peptide-Rich Protein Hydrolysates, *Marine Drugs*, 2021, Vol. 19 (9), pp. 480, DOI: 10.3390/md19090480.
6. Farag M.A., Abib B., Tawfik S., Shafik N., Khattab A.R., Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives, *Trends in Food Science & Technology*, 2021, Vol. 110, pp. 405–417, DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.015.
7. Henriques A., Vázquez J.A., Valcarcel J., Mendes R., Bandarra N.M., Pires C., Characterization of Protein Hydrolysates from Fish Discards and By-Products from the North-West Spain Fishing Fleet as Potential Sources of Bioactive Peptides, *Marine Drugs*, 2021, Vol. 19 (9), pp. 338, DOI: 10.3390/md19060338.
8. Maxutova O.N., Gladyshev M.I., *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2020, Vol. 106, No. 5, S. 601–621. (In Russ.)
9. Mol S., Turan S., Comparison of proximate, fatty acid and amino acid compositions of various types of fish roes, *International Journal of Food Properties*, 2008, Vol. 11, No. 3, pp. 669–677.

10. Ayşe Gürel Inanlı, Özlem Emir Çoban, Ökkeş Yılmaz, Emine Özpolat, Nermin Karaton Kuzgun Determination of Lipid Peroxidation and Fatty Acid Compositions in the Caviars of Rainbow Trout and Carp, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2018, pp. 1–8, DOI: 10.1080/10498850.2018.1499688.
11. Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Rudakov O.B. Selemenov V.F., *Sorbcionny'e i xromatograficheskie processy*, 2021, Vol. 21, No. 5, pp. 697–707. (In Russ.)
12. Treblin M., Oesen T., Class L.-C. et al., Two-dimensional high-performance thin-layer chromatography for the characterization of milk peptide properties and a prediction of the retention behavior – a proof-of-principle study, *Journal of Chromatography A*, 2021, Vol. 1653, pp. 462442, DOI: 10.1016/j.chroma.2021.462442.
13. Polikarpova V.E., Aleksanyan I.Yu., Arabova Z.M., Nugmanov A.X.-X., E'lmurzaev A.A., *Industriya pitaniya*, 2022, Vol. 7, No. 4, pp. 25–35. (In Russ.)
14. *Ximicheskij sostav rossijskix pishhevy'x produktov: Spravochnik* (The chemical composition of Russian food products: A reference guide), Pod red. I.M. Skurixina, V.A. Tutel'yana, M: DeLi print, 2002, 236 p. (In Russ.)
15. Yesiltas B., Garcia-Moreno P.J., Sørensen A.-D. M., Akoh C.C., Jacobsen C., Physical and oxidative stability of high fat fish oil-in-water emulsions stabilized with sodium caseinate and phosphatidylcholine as emulsifiers, *Food Chemistry*, 2019, Vol. 276, pp. 110-118. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.09.172.

Информация об авторах:

З.М. Арабова, кандидат технических наук
 И.Ю. Алексанян, доктор технических наук, профессор
 А.Х.-Х. Нугманов, доктор технических наук, профессор
 И.А. Бакин, доктор технических наук, профессор
 О.И. Коннова
 А.С. Мустафина, кандидат технических наук, доцент
 Д.С. Аникина, аспирант

Contribution of the authors:

Z.M. Arabova, PhD in Technical Sciences
 I.Y. Aleksanyan, Doctor of Technical Sciences, Professor
 A.H.-H. Nugmanov, Doctor of Technical Sciences, Professor
 I.A. Bakin, Doctor of Technical Sciences, Professor
 O.I. Konnova
 A.S. Mustafina, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
 D.S. Anikina, PhD student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОЦЕНКА ПЛЕМЕННЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА (CSN3)

А.И. Афанасьева, В.А. Сарычев, И.С. Кондрашкова

Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

E-mail: Smy-asau@yandex.ru

Для цитирования: Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Кондрашкова И.С. Оценка племенных и продуктивных качеств крупного рогатого скота голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3) // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 134–141. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-134-141.

Ключевые слова: каппа-казеин (CSN3), генотип, полиморфизм генов, быки-производители, родительский индекс производителя, наследуемость признаков молочной продуктивности, голштинская порода.

Реферат. Для проведения успешной и эффективной селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом классических методов отбора и подбора недостаточно. В практику животноводства все чаще внедряется ДНК-тестирование полиморфных форм генов, кодирующих белки молока, в частности гена каппа-казеина (CSN3). В связи с этим нами изучены племенные и продуктивные качества крупного рогатого скота голштинской породы в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина (CSN3). Установлено, что среди быков-производителей черно-пестрой породы АО «Племпредприятие «Барнаульское» (Алтайский край, Российская Федерация) генотип-BB, ассоциированный с белково- и жирномолочностью регистрируется у 7 % животных, третья часть поголовья быков-производителей является гетерозиготами по В-аллелю – 35 %. Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование быков с генотипом CSN3AA (58 %), который является маркером более высоких удоев у коров, что способствовало высокой консолидации А-аллеля. Установлено, что дочери, полученные от быков с генотипом CSN3AB, достоверно превосходили коров, полученных от быков с генотипом CSN3AA по величине удоя на 10 % (590 кг), по выходу молочного жира и белка – на 12,4 % (29,9 кг) и 9,8 % (18,1 кг) соответственно, по жирномолочности – на 0,09 % ($p < 0,001$). Наибольшая степень реализации генетического потенциала по величине родительского индекса быков-производителей установлена по содержанию жира в молоке на 95,3–99,5 % и белкомолочности на 89,8–94,8 %, в то же время по удою реализация генетического потенциала соответствует 59,4–69,7 %. Наиболее высокая молочная продуктивность отмечалась у коров-матерей с гетерозиготным генотипом CSN3AB и составляла 8 543 кг.

ASSESSMENT OF BREEDING AND PRODUCTIVE QUALITIES OF HOLSTINIZED CATTLE DEPENDING ON POLYMORPHISM OF THE KAPPA-CASEIN GENE (CSN3)

A.I. Afanasyeva, V.A. Sarychev, I.S. Kondrashkova

Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia

E-mail: Smy-asau@yandex.ru

Keywords: kappa casein (CSN3), genotype, gene polymorphism, sires, parental sire index, heritability of milk production traits, Holstein breed.

Abstract. Classical selection and selection methods are not enough for successful and efficient selection and breeding work with cattle. DNA testing of polymorphic forms of genes encoding milk proteins, in particular the kappa-casein gene (CSN3), is increasingly being introduced into animal husbandry practice. In this regard, we studied the breeding and productive qualities of Holstein cattle depending on the polymorphism of the kappa-casein gene (CSN3). It was found that among the black-and-white breeding bulls of JSC “Barnaul Breeding Enterprise” (Altai Krai, Russian Federation), the BB genotype associated with protein and fat milk content is recorded in 7 % of animals, a third of the herd of bulls are heterozygotes for the B allele – 35 %. Selection aimed at increasing milk yield determined the preferential use of bulls with the CSN3^{AA} genotype (58 %), which is a marker of higher milk yields in cows, which contributed to high consolidation of the A allele. It was found that daughters obtained from bulls with the CSN3^{AB} genotype reliably exceeded cows obtained from bulls with the CSN3^{AA} genotype in milk

yield by 10% (590 kg), in milk fat and protein yield by 12.4 % (29.9 kg) and 9.8 % (18.1 kg) and milk fat content by 0.09 % ($p < 0.001$). The highest degree of realization of genetic potential by the value of parental index of sires was established by the content of fat in milk at 95.3–99.5 % and protein content at 89.8–94.8 %, at the same time, by milk yield, the realization of genetic potential corresponds to 59.4–69.7 %. The highest milk productivity was noted in mother cows with heterozygous genotype CSN3AB and amounted to 8543 kg.

На долю молочного скотоводства в России и Алтайском крае приходится более половины от всего имеющегося поголовья, поэтому оно является основным фактором роста производства продуктов животноводства.

Совершенствование продуктивных и племенных качеств крупного рогатого скота молочного направления продуктивности возможно с использованием современных и перспективных биотехнологических методов, к которым относится геномная селекция, способная установить наследование в генах определенных аллелей и отбирать для разведения только самых лучших животных. Практическое внедрение методов геномной селекции возможно благодаря Указу Президента РФ от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и Указ Президента РФ от 28 ноября 2018 года № 680 «О развитии генетических технологий в РФ».

Для проведения успешной и эффективной селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом классических методов отбора и подбора недостаточно. Вследствие этого в практику животноводства все чаще внедряется ДНК-тестирование полиморфных форм генов, кодирующих белки молока, в частности гена каппа-казеина (CSN3). Достижения в области технологии маркеров на основе ДНК позволили идентифицировать геномные области, лежащие в основе сложных фенотипических признаков у молочного скота. Включение выявленных количественных локусов признаков в генетическую оценку дает большой потенциал для повышения точности отбора, что ускоряет генетическое улучшение экономически важных признаков и может служить дополнительным критерием для отбора в молочном скотоводстве [1–5].

Цель исследований – изучение ассоциативных связей между аллельным полиморфизмом гена каппа-казеина (CSN3), генетическим потенциалом быков-производителей голштинской породы и продуктивности полученных от них дочерей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на базе АО «Плем-предприятие «Барнаульское» и племенного завода АО «Учхоз «Пригородное». Объектом исследования послужили быки-производители ($n = 45$) и лактирующие коровы ($n = 70$) голштинской породы.

Данные, необходимые для установления ассоциативных связей полиморфизма гена CSN3 у быков-производителей с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности женских предков, были получены из базы данных «СЕЛЭКС. Молочный Скот» и племенных картотек (форма 1-МОЛ).

Генотипирование быков-производителей по гену каппа-казеина проведено в лаборатории биотехнологии Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального академии наук. Геномная ДНК была выделена из консервированной ЭДТА КЗ (трикалиевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) цельной крови быков. Полиморфизм гена каппа-казеина выявляли методом ПЦР–ПДРФ (полимеразная цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) в соответствии с методическими рекомендациями Л.А. Калашниковой и др., 2015 [4].

Племенная ценность быков-производителей определялась сравнительным методом «дочери-сверстницы» по показателям молочной продуктивности за 305 дней первой лактации ($n = 325$).

Уровень воздействия генотипов быков в зависимости от аллелей по гену каппа-казеина на наследуемость признаков молочной продуктивности их дочерями устанавливали с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Анализ и статистическая обработка полученных данных проведена в соответствии с методическими рекомендациями Н.И. Коростелевой [6], с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение полиморфизма генов является фундаментальной основой современной селекции, учитывающей особенности генотипа отдельных животных, определяющих их продуктивные и хозяйственно полезные признаки. В настоящее время широкое применение в селекционно-племенной работе получило изучение взаимосвязи генетического полиморфизма молочных белков, в частности каппа-казеина, с качественными и количественными показателями молочной продуктивности, что позволяет использовать полученные результаты в качестве вспомогательного средства отбора и проведения генетического мониторинга [7].

Генотип быка по каппа-казеину может служить дополнительным критерием при отборе животных. Поэтому при подборе быков-производителей нужно принимать во внимание их генотип по каппа-казеину. Использование быков-производителей без учета их генотипов приводит к понижению частоты встречаемости в стаде предпочтительных генотипов и ухудшению свойства молока [8].

В связи с этим нами проведена оценка частоты встречаемости генотипов каппа-казеина (CSN3) у животных, выращенных на базе АО «Племпредприятие «Барнаульское» и ПЗ АО «Учхоз «Пригородное», которые являются основой племенной базы по разведению голштинского скота (табл. 1).

Таблица 1

Генотипическая структура по частоте генотипов и аллелей гена CSN3 скота голштинской породы
Genotypic structure by genotype and allele frequencies of the CSN3 gene in Holstein cattle

Ген	Частота генотипов, %	Частота аллелей, доли ед.	χ^2
Коровы племенного ядра АО Учхоз «Пригородное»			
CSN3 ^{AA}	0,573±0,0592	A-0,743±0,038 B-0,257±0,056	0,74
CSN3 ^{AB}	0,341±0,0567		
CSN3 ^{BB}	0,086±0,0335		
Быки–производители АО Племпредприятие «Барнаульское»			
CSN3 ^{AA}	0,578±0,0027	A-0,756±0,0020 B-0,245±0,0021	0,063
CSN3 ^{AB}	0,356±0,0025		
CSN3 ^{BB}	0,07±0,0007		

В генетической структуре алтайской популяции голштинского скота более консолидировался А-аллель по гену каппа-казеина, частота встречаемости которого в 3 раза выше, чем В-аллеля (см. табл. 1). Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование производителей с генотипом CSN3^{AA} (57 %), являющимся маркером, ассоциированным с более высокими удоями у коров. ВВ-генотип характеризуется низкой частотой встречаемости от 7,0 до 8,6 %

Анализ полиморфизма гена CSN3 у быков-производителей, используемых АО «Племпредприятие «Барнаульское» свидетельствует о снижении генотипической частоты аллеля CSN3^B, что является отражением односторонней селекции на увеличение удоев для получения преимущественно питьевого молока и приводит к снижению белкомолочности [8]. Это согласуется с результатами целого ряда отечественных ученых и зарубежных исследователей [8, 9], которые

указывают на то, что наличие ценного В-аллеля каппа-казеина, определяющего сыропригодность молока, в отечественных стадах черно-пестрого скота очень низкая. По мере увеличения интенсивности отбора наблюдается снижение частоты встречаемости аллельного варианта CSN3^B, связанного с кроссбридингом отечественного черно-пестрого скота, ведущим к отсутствию этого аллеля в генотипе животных [10]. Это становится причиной постепенного снижения генетического разнообразия и увеличения генетического сходства черно-пестрой и голштинской пород [11].

Выявление производителей, содержащих генотип CSN3^{BB}, и использование их в селекции позволит не только сохранить генетическое разнообразие и поддерживать концентрацию В-аллеля в маточном поголовье, но и улучшить технологические свойства молока и повысить его сыропригодность.

Следует отметить, что разные исследователи неодинаково оценивают степень и наличие

ассоциативных связей между генетическими вариантами каппа-казеина, результаты исследований являются противоречивыми. В то время как Strzalkowska [12] и Alendri [13] не обнаружили значимых ассоциаций, результаты других исследователей [14–18] указывают на существенное влияние различных аллелей к-казеина на показатели молочной продуктивности. Это может быть связано с тем, что формирование качественных и

количественных показателей молочной продуктивности обусловлено полигенным характером, сложными расщеплениями и рекомбинацией генов.

Одной из задач наших исследований являлось изучение родительского индекса производителя (РИП) и средней молочной продуктивности дочерей быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика молочной продуктивности коров, полученных от быков-производителей разных генотипов по гену каппа-казеина

Characteristics of milk productivity of cows obtained from bulls of different genotypes for the kappa-casein gene

Генотип CSN3		РИП быков			Средняя продуктивность дочерей				
		Удой, кг	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Удой, кг	Массовая доля жира, %	Молочный жир, кг	Массовая доля белка, %	Молочный белок, кг
AA	Sx	10032	4,26	3,44	5959	4,06	241,9	3,09	184,1
	m	±328,5	±0,047	±0,030	±87,7	±0,013	±3,70	±0,004	±2,72
AB	Sx	9391	4,17	3,26	6549	4,15	271,8	3,09	202,2
	m	±425,5	±0,081	±0,035	±141,0***	±0,023***	±5,87***	±0,010	±4,34***
BB	Sx	8944	4,19	3,23	—	—	—	—	—
	m	±1461,0	±0,113	±0,183	—	—	—	—	—

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Разница достоверна в соответствии с генотипом CSN3^{AA}.

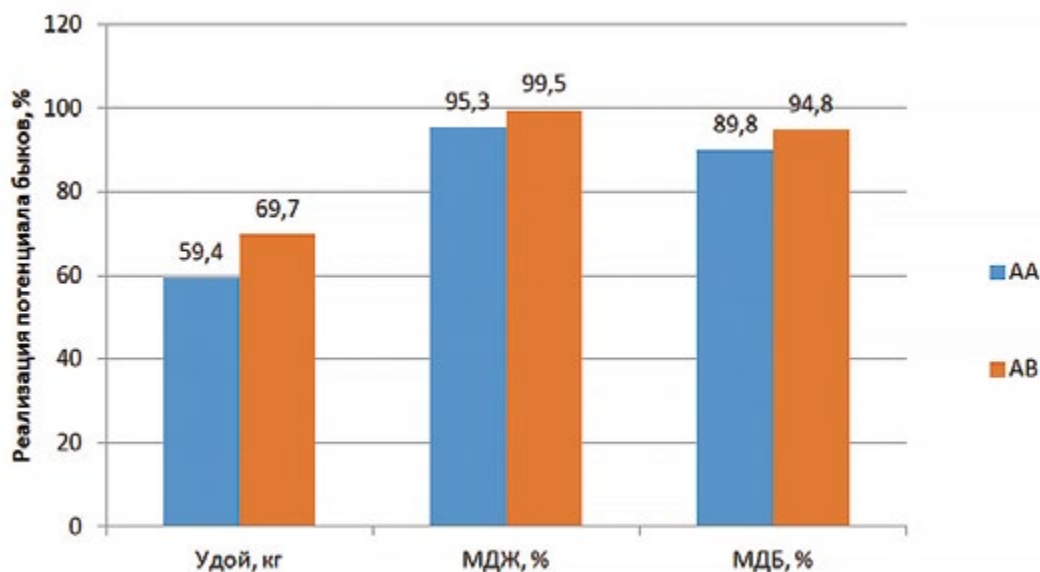
Установлено, что дочери быков с гетерозиготным генотипом CSN3^{AB} достоверно превосходили коров, полученных от быков с генотипом CSN3^{AA} (см. табл. 2), по уровню удоя на 10 % (590 кг), по выходу молочного жира и белка – на 12,4 % (29,9 кг) и 9,8% (18,1 кг) соответственно, по жирномолочности – на 0,09 % ($p < 0,001$). Следует отметить, что массовая доля белка в молоке у коров, полученных от производителей с генотипами CSN3^{AA} и CSN3^{AB}, не отличалась и составила 3,09 %.

Содержание жира и белка в молоке у дочерей исследуемых быков AA и AB генотипов по гену CSN3 характеризовалось низкой степенью изменчивости ($C_v = 1,8–5,0$ %), а удой, количество молочного жира и белка – средней вариабельностью ($C_v = 17,8–24,5$ %), что может быть обусловлено их более высокой генетической детерминацией [19].

Необходимо отметить, что в настоящее время от быков с генотипом CSN3^{BB} либо не получено достаточного количества потомства, необходимо для оценки генетического потенциала, либо они использовались в товарных хозяйствах с низким

уровнем зоотехнического учета, что затрудняет их оценку.

Степень реализации генетического потенциала быков-производителей в значительной мере определяется не только особенностями кормления, но и культурой ведения животноводства на конкретном сельскохозяйственном предприятии [4]. Выявлено, что в условиях Алтайского края наибольшая степень реализации генетического потенциала (рисунок) по величине РИП (родительского индекса производителя) установлена по содержанию жира в молоке на 95,3–99,5 % и белкомолочности на 89,8–94,8 %, в то же время по удою реализация генетического потенциала соответствует 59,4–69,7 %. Сравнительная оценка быков разных генотипов по гену CSN3 по степени реализации генетического потенциала (см. рисунок) показала, что в наибольшей степени он проявился среди потомства быков с генотипом AB (выше по удою на 10,3 %, МДЖ – 4,2 % и МДБ – 5,0 %), чем у дочерей производителей с гомозиготным генотипом AA, что свидетельствует об их генетическом превосходстве.



Реализация генетического потенциала быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену CSN3 по показателям молочной продуктивности

Realization of the genetic potential of black-and-white breed bulls of different genotypes for the CSN3 gene in terms of milk productivity

Исследования показали, что чем выше генетический потенциал производителя по РИП, тем меньше он оказался реализован, что согласуется с результатами других исследователей и связано с тем, что высокопродуктивные животные более требовательны к условиям кормления и содержания [4, 6]. Однако оценка по усредненным показателям дочерей не должна являться ограничением при подборе производителей к стаду, так как их потенциал позволяет улучшать более высокопродуктивных животных и рекордисток.

При изучении корреляционной зависимости между признаками молочной продуктивности у дочерей исследуемых быков с разным генотипом по гену каппа-казеина (табл. 3) установлена высокая прямая достоверная связь между удоем и выходом молочного жира, удоем и количеством белка. Незначительная обратная корреляция наблюдается между удоем и содержанием белка в

молоке (см. табл. 3). Полученные данные корреляционного анализа характеризуют физиологический статус животных, обеспечивающий как количество молока, так и его высокий качественный состав [19, 20]. Некоторыми авторами получены результаты, в которых повышение обильномолочности сопровождается снижением содержания жира и белка в молоке [21].

Следует отметить, что потомство быков, гетерозиготных по гену каппа-казеина, характеризуется незначительной положительной зависимостью между содержанием жира в молоке и белково-молочностью при слабой обратной корреляции между удоем и массовой долей жира (МДЖ).

При этом у дочерей быков с AA-генотипом по гену CSN3 между удоем и жирномолочностью отмечается положительная слабая корреляция, но связь между содержанием жира и белка в молоке отрицательная слабая.

Таблица 3

Молочная продуктивность дочерей быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (CSN3), $r \pm Sr$
Milk productivity of daughters of black-and-white breed bulls of different genotypes for the kappa-casein gene (CSN3), $r \pm Sr$

Корреляция между признаками		Генотипы быков-отцов	
		CSN3 AA	CSN3 AB
1	2	3	4
Удой, кг – МДЖ, %	r	0,11	-0,14
	Sr	$\pm 0,062$	$\pm 0,121$

1	2	3	4
Удой, кг – МДБ, %	r	-0,07	-0,13
	Sr	±0,063	±0,121
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	0,98	0,97
	Sr	±0,012***	±0,030***
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	0,99	0,99
	Sr	±0,009***	±0,017***
Удой, кг – количество молочного жира, кг	r	-0,10	0,09
	Sr	±0,062	±0,122

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. Разница достоверна между группами.

Методом однофакторного дисперсионного анализа нами была определена доля генетической изменчивости, обусловленная генотипами быков-отцов с А-аллелью по гену каппа-казеина. В исследуемой нами популяции голштинского скота влияние генотипов производителей на реализацию у дочерей удоя и жирномолочности оказалось незначительным – 4,1 и 4,5 % соответственно. Варьирование массовой доли белка происходит независимо от влияния генотипа быков-отцов с А-аллелью по гену CSN3. Это свидетельствует о

том, что фенотипическое проявление изученных признаков молочной продуктивности у потомства быков больше зависит от других неучтенных факторов.

Одним из факторов, играющих важную роль в повышении продуктивных показателей дочерей, является влияние генотипа коров-матерей. В связи с этим нами проведен анализ взаимосвязи молочной продуктивности и полиморфизма гена CSN3 у коров голштинской породы (табл. 4).

Таблица 4

Показатели молочной продуктивности коров голштинской породы с различными вариантами гена каппа-казеина
Milk productivity indicators of Holstein cows with different variants of the kappa-casein gene

Генотип	Показатель		
	Удой за 305 дней, кг	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %
CSN3 ^{AA}	8493,5±304,47	4,38±0,027	3,18±0,031
CSN3 ^{AB}	8543,0±316,92	4,35±0,023	3,26±0,073
CSN3 ^{BB}	8383,0±482,71	4,39±0,064	3,37±0,085

В наших исследованиях значительных отличий по величине удоя у коров с различным генотипом каппа-казеина не выявлено, тем не менее следует отметить тенденцию, что коровы голштинской породы с гетерозиготным генотипом CSN3^{AB} в среднем характеризовались более высоким удоём, что на 0,6 и 1,9 % больше, чем у животных с гомозиготными генотипами CSN^{BB} и CSN^{AA}. По содержанию белка и жира в молоке животные с генотипом CSN^{BB} на 5,9 и 3,3 % соответственно превосходят коров с генотипом CSN^{AA} и CSN^{AB}.

ВЫВОДЫ

1. Селекция, направленная на повышение удоя, обусловила преимущественное использование быков-производителей с генотипом CSN3^{AA},

который является маркером более высоких удоёв у коров, что способствовало высокой консолидации А-аллеля (74 %), частота встречаемости которого в 3 раза выше, чем В-аллеля.

2. Молочная продуктивность, выход молочного жира и белка выше на 10, 12,4 и 9,8 % соответственно у дочерей быков с гетерозиготным генотипом АВ по гену CSN3.

3. Степень реализации генетического потенциала выше у потомства быков-производителей с генотипом АВ на 10,3 % по удою, на 2 % – по массовой доле жира, на 5 % – по массовой доле белка в сравнении с дочерьми, полученными от быков с генотипом АА. По содержанию белка и жира молоко коров-матерей с генотипом CSN^{BB} на 5,9 и 3,3 % соответственно превосходит аналоги с генотипом CSN^{AA} и CSN^{AB}.

4. Для воспроизводства стада и формирования высокопродуктивного поголовья рекомендуется более широко использовать носителей перспективных генотипов с В-аллелью по гену каппа-казеина, которые окажут улучшающий эффект на повышение признаков молочной продуктивности.

Благодарности: Министерству сельского хозяйства Алтайского края за предоставление гранта (№ 122080300001-5), в рамках которого была создана лаборатория ДНК-диагностики животных ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьева А.И., Кондрашкова И.С., Сарычев В.А. Сравнительный анализ родительского индекса быков-производителей черно-пестрой породы разных генотипов по гену каппа-казеина (CSN3) // Научно-практический журнал Вестник ИрГСХА. – 2021. – № 3(104). – С. 120–133. – DOI: 10.51215/1999-3765-2021-104-120-133.
2. Кондрашкова И.С., Яковлева Т.П. Оценка племенной ценности быков черно-пестрой породы приобского типа // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (147). – С. 84–92.
3. Леер Е.В., Кондрашкова И.С. Племенная ценность быков по молочной продуктивности и ее реализация // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XV Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул, 2020. С. 178–180.
4. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / Л.А. Калашникова, Я.А. Хабибрахманова, И.Ю. Павлова [и др.]. – Лесные Поляны, 2015. – 33 с.
5. Гончаренко Г.М., Авадани Д.А., Хорошилова Т.С. Оценка полиморфизма коров разных пород по генам продуктивности и резистентности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(232). – С. 54–61. – DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-54-61. – EDN JBRFDK.
6. Биометрия в животноводстве / Н.И. Коростелева, И.С. Кондрашкова, Н.М. Рудишина, И.А. Камардина: учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – 210 с.
7. Динамика биоразнообразия отечественного черно-пестрого скота под воздействием кроссбридинга / Н.А. Зиновьева, Е.А. Гладырь, В.А. Багиров, Г. Брем // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 72–75.
8. Марзанов Н.С., Саморуков Ю.В., Ескин Г.В. Сохранение биоразнообразия. Генетические маркеры и селекция животных (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – Т. 41, № 4. – С. 3–19.
9. Овсянникова Г.В., Бородин Е.Ю. Полиморфизм гена каппа-казеина и его связь с технологическими свойствами молока у красно-пестрого скота // Студенческий научный форум – 2016. VIII Междунар. студ. науч. конф. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862> (дата обращения: 31.07.2021).
10. Шукюрова А.М., Авадани Д.А., Гончаренко Г.М. Мониторинг генотипической структуры стада черно-пестрой породы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2022. – Т. 2. – С. 183–185. – EDN ZAVMRZ.
11. Strzalkowska N., Krzyzewski J., Ryniewicz Z. Effects of κ -casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cow's age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle // Anim Sci Paper Rep. – 2002. – № 20. – P. 21–35.
12. The effects of milkprotein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability / R. Aleandri, L.G. Butazzoni, J.C. Schneider, A. Caroli, R. Davali // J. Dairy Sci. – 1990. – № 73. – P. 241–255.
13. Kalaimani R., Miruna S. Genetic polymorphisms of kappa-casein (CSN3) gene and its association with bovine milk properties // Journal of Livestock Science. – 2024. – № 15. – P. 150–159. – DOI: 10.33259/JLivestSci.2024.150-159.
14. Pytlewski J., Antkowiak I., Kuèera J. Correlations between genetic combinations of lactoglobulin and casein and milk yield and composition in black and white cows // Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun. – 2002. – № 4. – P. 77–84.
15. Polymorphisms in beta and kappa-casein are not associated with milk production in two highly technified populations of holstein cattle in Mexico / T. Duifhuis-Rivera, C. Lemus-Flores, M.A. Ayala-Valfadinós [et al.] // Journal of Animal and Plant Sciences. – 2014. – № 24(5). – P. 1316–1321.
16. Alipanah M., Klashnikova L.G., Rodionov G.V. Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds black and red pied cattle // Iran. J. Biotechnology. – 2007. – Vol. 3, № 3. – С. 191–194.
17. Бакай А.В., Мкртчян Г.В., Кровикова А.Н. Корреляция между признаками молочной продуктивности у коров черно-пестрой породы разных генераций // Достижения вузовской науки. – 2014. – № 13. – С. 79–81.
18. Иванова И.П., Троценко И.В. Применение селекционно-генетических параметров в племенной работе с молочным скотом // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 3(144). – С. 65–70.
19. Холодова Л.В. Генетический потенциал и племенная ценность быков-производителей // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 106–113. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113. – EDN EBKZIM.
20. Силкина С.Ф., Букаров Н.Г. Современное состояние использования генетических маркеров в племенном скотоводстве // Сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 5. – С. 41–45.

21. Валиева Е.Р., Унжакова А.А., Кочнев Н.Н. Оценка влияния материнского генотипа на реализацию продуктивного потенциала голштинизированного скота в условиях Новосибирской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 56–64. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-56-64. – EDN EHBFC.

REFERENCES

1. Afanas`eva A.I., Kondrashkova I.S., Sary`chev V.A., *Nauchno-prakticheskij zhurnal Vestnik IrGSXA*, 2021, No. 3(104), pp. 120–133, DOI: 10.51215/1999 - 3765-2021-104-120-133. (In Russ.)
2. Kondrashkova I.S., Yakovleva T.P., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 1 (147), pp. 84–92. (In Russ.)
3. Leer E.V., Kondrashkova I.S., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyajstvu* (Agricultural science - for agriculture), Proceedings of the Conference Title, 2020, Vol. 2, pp. 178–180.
4. Kalashnikova L.A., Xabibraxmanova Ya.A., Pavlova I.Yu., Ganchenkova T.B., Dunin M.I., Pridanova I.E., *Rekomendacii po genomnoj ocenke krupnogo rogatogo skota* (Recommendations for genomic evaluation of cattle), Lesny'e Polyany, 2015, 33 p.
5. Goncharenko G.M., Avadani D.A., Xoroshilova T.S., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2024, No. 2(232), pp. 54–61, DOI: 10.53083/1996-4277-2024-232-2-54-61, EDN JBRFDK. (In Russ.)
6. Korostelyova N.I., Kondrashkova I.S., Rudishina N.M., Kamardina I.A., *Biometriya v zhivotnovodstve*, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2009, 210 p.
7. Zinov`eva N.A., Glad`y`r` E.A., Bagirov V.A., Brem G., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2015, Vol. 19, No. 2, pp. 72–75. (In Russ.)
8. Marzanov N.S., Samorukov Yu.V., Eskin G.V., *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya*, 2006, Vol. 41, No. 4, pp. 3–19. (In Russ.)
9. Ovsyannikova G.V., Borodina E.Yu., *Studencheskij nauchny`j forum – 2016* (Student Science Forum – 2016), Proceedings of the Conference Title, URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025862>. (In Russ.)
10. Shukyurova A.M., Avadani D.A., Goncharenko G.M., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyajstvu* (Agricultural science - for agriculture), Proceedings of the Conference Title, 2022, Vol. 2, pp. 183–185, EDN ZAVMRZ. (In Russ.)
11. Strzalkowska N., Krzyzewski J., Ryniewicz Z., Effects of κ -casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cow's age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle, *Anim Sci Paper Rep.*, 2002, No. 20, pp. 21–35.
12. Aleandri R., Butazzoni L.G., Schneider J.C., Caroli A., R. Davali, The effects of milkprotein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability, *J. Dairy Sci.*, 1990, No. 73, pp. 241–255.
13. Kalaimani R., Miruna S., Genetic polymorphisms of kappa-casein (CSN3) gene and its association with bovine milk properties, *Journal of Livestock Science*, 2024, No. 15, pp. 150–159, DOI: 10.33259/JLivestSci.2024.150-159.
14. Pytlewski J., Antkowiak I., Kuèera J., Correlations between genetic combinations of lactoglobulin and casein and milk yield and composition in black and white cows, *Acta Univ.Agric. et Silv. Mendel. Brun.*, 2002, No. 4, pp. 77–84.
15. Duifhuis-Rivera T., Lemus-Flores C., Ayala-Valfadinis M.A. [et al.], Polymorphisms in beta and kappa-casein are not associated with milk production in two highly technified populations of holstein cattle in Mexico, *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2014, No. 24, pp. 1316–1321.
16. Alipanah M., Klashnikova L.G., Rodionov G.V. Kappa-casein genotypic frequencies in Russian breeds black and red pied cattle, *Iran. J. Biotechnology*, 2007, Vol. 3, No. 3, pp. 191–194.
17. Bakaj A.V., Mkrtchyan G.V., Krovikova A.N., *Dostizheniya vuzovskoj nauki*, 2014, No. 13, pp. 79–81. (In Russ.)
18. Ivanova I.P., Trocenko I.V., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 3(144), pp. 65–70. (In Russ.)
19. Xolodova L.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2020, No. 2(55), pp. 106–113, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113, EDN EBKZIM. (In Russ.)
20. Silkina S.F., Bukarov N.G., *Sel'skoxozyajstvenny`j zhurnal*, 2012, No. 5, pp. 41–45. (In Russ.)
21. Valieva E.R., Unzhakova A.A., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2020, No. 4(57), pp. 56–64, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-56-64, EDN EHBFC. (In Russ.)

Информация об авторах:

А.И. Афанасьева, доктор биологических наук, профессор
В.А. Сарычев, кандидат биологических наук, доцент
И.С. Кондрашкова, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

A.I. Afanasyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor
V.A. Sarychev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
I.S. Kondrashkova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ И КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОД КАЗАХСТАНА

¹Г.Г. Джаксыбаева, ²Н.Н. Кочнев

¹Торайгыров университет, Павлодар, Республика Казахстан

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: gulnarajaks@gmail.com

Для цитирования: Джаксыбаева Г.Г., Кочнев Н.Н. Идентификация генов, ассоциированных с молочной продуктивностью коров симментальской и красной степной пород Казахстана // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 142–150. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-142-150.

Ключевые слова: частота генотипа, частота аллелей, каппа-казеин, бета-лактоглобулин, PIT-1, красная степная порода, симментальская порода.

Реферат. Генетическая структура симментальской и красной степной пород по локусам CSN3, BLG, PIT-1 характеризуется высокой частотой гетерозигот (на уровне 45–50 %). Доля гомозигот варьирует в породах. Так, у симменталов частота CSN3^{AA} и CSN3^{BB} составляет 27 и 24 %, у красной степной – 34,2 и 16,6 %. По гену BLG частоты гомозигот у двух пород распределены относительно одинаково – 12 % (BLG^{AA}) и 37 % (BLG^{BB}). В отличие от равного соотношения аллельных вариантов гена CSN3, частота аллеля BLG^B в 1,8 раза выше альтернативного аллеля ($p < 0,01$). Установлены межпородные различия по частоте генотипов PIT-1^{AA} и PIT-1^{BB} ($p < 0,05$). У симменталов частота гомозигот составляет 23 % (PIT-1^{AA}) и 30 % (PIT-1^{BB}), а у красной степной породы – соответственно 9,2 и 47,5 %. Частотное распределение аллелей у симменталов относительно равное, у красной степной превалирует PIT-1^B (70 против 30 %). У коров симментальской породы установлено, что гомозиготный генотип CSN3^{BB} оказывает положительное влияние ($p < 0,05$) на повышение удоя, выход молочного белка и жира в молоке по сравнению с другими генотипами. Статистически достоверных различий между животными разных генотипов по гену CSN3 у коров красной степной породы и гену BLG у обеих пород не установлено. Установлены степень и направление связи между показателями молочной продуктивности, гематологическими и биохимическими показателями крови у животных симментальской и красной степной пород с учетом их генотипической принадлежности, которые можно использовать в оценке функциональной изменчивости признаков.

IDENTIFICATION OF GENES ASSOCIATED WITH MILK PRODUCTIVITY OF COWS OF SIMMENTAL AND RED STEPPE BREEDS OF KAZAKHSTAN

¹G.G. Jaxybayeva, ²H.N. Kochnev

¹Toraigyrov University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: gulnarajaks@gmail.com

Keywords: genotype frequency, allele frequency, kappa-casein, beta-lactoglobulin, PIT-1, red steppe breed, simmental breed.

Abstract. The genetic structure of the Simmental and Red Steppe breeds at the CSN3, BLG, and PIT-1 loci is characterized by a high frequency of heterozygotes (at the level of 45–50 %). The proportion of homozygotes varies in breeds. Thus, the frequency of CSN3^{AA} and CSN3^{BB} in simmentals is 27 and 24 %, and in Red Steppe breed – 34.2 and 16.6 %. According to the BLG gene, the frequencies of homozygotes in the two breeds are relatively equally distributed – 12 % (BLG^{AA}) and 37 % (BLG^{BB}). In contrast to the equal ratio of allelic variants of the CSN3 gene, the frequency of the BLG^B allele is 1.8 times higher than the alternative allele ($p < 0.01$). Interbreed differences in the frequency of PIT-1^{AA} and PIT-1^{BB} genotypes ($p < 0.05$) have been established. The frequency of homozygotes in Simmentals is 23 % (PIT-1^{AA}) and 30 % (PIT-1^{BB}), while in the Red Steppe breed it is 9.2 % and 47.5 %, respectively. The frequency distribution of alleles in simmentals is relatively equal, while PIT-1^B prevails in the red steppe (70 % versus 30 %). In Simmental cows, it was found that the homozygous CSN3^B genotype has

a positive effect ($p < 0.05$) on increasing milk yield, milk protein and fat in milk compared with other genotypes. There are no statistically significant differences between animals of different genotypes in the CSN3 gene in red steppe cows and the BLG gene in both breeds. The degree and direction of the relationship between indicators of milk productivity, hematological and biochemical parameters of blood in animals of the Simmental and Red Steppe breeds, taking into account their genotypic affiliation, which can be used in assessing the functional variability of traits, have been established.

Генетические полиморфизмы внесли большой вклад в характеристику сельскохозяйственных животных, отслеживание истории эволюции популяций и установление различий между породами крупного рогатого скота. Наиболее изученными являются гены каппа-казеина (CSN3) и бета-лактоглобулина (BLG), аллельные варианты которых связаны с показателями молочной продуктивности [1–9].

Одним из возможных генов-кандидатов молочной продуктивности рассматривают ген, кодирующий фактор транскрипции PIT-1 [10–13]. Одноименным геном PIT-1 активируется транскрипция пролактина (PRL), соматотропина (GH), рецептора соматотропин-рилизинг гормона (GHRH), бета-субъединицы тиреоидного гормона (THRB), бета-субъединицы рецептора тиреотропного гормона (TSH).

Учитывая особенности формирования генетической структуры разных пород, в том числе по генам-кандидатам молочной продуктивности, целесообразно было провести анализ полиморфизма генов CSN3, BLG, PIT-1 в популяциях животных, разводимых на территории Казахстана.

Цель исследования – изучить полиморфизм генов CSN3, BLG, PIT-1 методом ПЦР-ПДРФ у симментальской и красной степной пород казахстанской селекции и его связь с некоторыми интерьерными и продуктивными признаками.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в период 2017 г., а также с 2022 по 2024 гг. в лаборатории биотехнологии животных НИИ «Агроинновации и биотехнологии» Торайгыров университета (г. Павлодар), а также на территории фермерских хозяйств Павлодарской области.

Объектом исследования послужили животные двух пород крупного рогатого скота молочного направления продуктивности: коровы красной степной породы ($n = 120$) и симментальской породы ($n = 103$). Предметом исследования являлись полиморфные гены: каппа-казеин (CSN3), бета-лактоглобулин (BLG), гипофизарного фактора транскрипции PIT-1.

Материалом для исследования являлась цельная венозная кровь. Забор крови производился из хвостовой вены в пробирки VACUETTE® с K2 ЭДТА для гематологических, молекулярно-генетических исследований цельной крови.

Экстракцию ДНК проводили в процессе лизирования клеток крови, закрепления ДНК на сорбенте, промывки (3×), элюции ДНК в ТЕ-буфер (50 мкл). Для экстракции нуклеиновой кислоты использовали набор реагентов ДНК-сорб-В компании АмплиСенс®, г. Москва. Качество и концентрацию извлеченных препаратов ДНК оценивали электрофоретическим методом в 1% агарозном геле.

Далее, согласно рекомендациям ученых [10, 14, 16], были проведены исследования генов с использованием полимеразной цепной реакции и полиморфизм длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ) и последующим анализом ампликонов гелем-электрофорезом.

Для проведения ПЦР использованы набор с Taq ДНК-полимеразой и буфером AS компании «СибЭнзим» и готовая реакционная смесь БиоМастер HS-Taq ПЦР (2×) компании Биоллабмикс, г. Новосибирск.

Состав набора для ПЦР: Taq ДНК-полимераза (1 е.а./мкл); смесь dNTP (0,5 mM каждого); буфер для реакции «SE-буфер AS» (10X: 670 mM Tris-HCl (pH 8,8 при 25 °C); 166 mM $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,1 % Tween-20); раствор MgCl_2 (50 mM); стерильная вода – 5 мл.

Состав реакционной смеси БиоМастер HS-Taq ПЦР (2×): 100 mM Tris-HCl, pH 8,5 (при 25 °C), 100 mM KCl, 0,4 mM каждого дезоксинуклеозидтрифосфата, 4 mM MgCl_2 , 0,06 ед. акт./мкл Taq ДНК-полимеразы, 0,2 % Tween 20, стабилизаторы HS-Taq ДНК-полимеразы.

Использованы ПЦР-праймеры компаний «СибЭнзим» (г. Новосибирск) и Люмипроб РУС (г. Москва).

Последовательности олигонуклеотидов для гена CSN3:

BOSAS A: - 5' ATgTgCTgAgCAggT ATC CTA gTTATg g - 3';

BOSAS B: -5' CCA AAA gTAgAgTgC AAC AAC ACT gg - 3'.

Режим амплификации: 94 °C – 1 мин – денатурация, 62 °C – 1 мин – отжиг праймеров, 72 °C – 1,5 мин – синтез (×35); хранение – 4 °C.

Для ПДРФ-идентификации генотипов аллельных *CSN3^A* и *CSN3^B* 20 мкл ПЦР-пробы (883 пн) обрабатывали 10 ед. эндонуклеазы рестрикции PstI в 1×буфере «О» (СибЭнзим) при 37 °C в течение ночи. Сайт узнавания рестриктазы PstI – CTGCA↑G / G↓ACGTC. Источник фермента – штамм *E. coli*, несущего клонированный ген PstI из *Providencia stuartii*.

По результатам расщепления ампликонов получены генотипы *CSN3^{AA}*, *CSN3^{AB}* и *CSN3^{BB}*. О генотипе *CSN3^{AA}* свидетельствовало наличие трех фрагментов ДНК длиной 106, 306, 471 пн, генотип *CSN3^{AB}* показал четыре фрагмента ДНК длиной 106, 306, 471, 777 пн, *CSN3^{BB}* генотип определялся наличием двух фрагментов ДНК длиной 106, 777 пн.

Полиморфизм гена *BLG* был исследован с использованием метода ПЦР-ПДРФ в соответствии с рекомендациями по генетическому анализу крупного рогатого скота [15].

Последовательности олигонуклеотидов для исследуемого гена *BLG* (Medrano J.F., 1990):

BLG P3: 5' - gTC CTT gTgCTggAC ACC gAC TAC A - 3';

BLG P4: 5' - CAggAC ACC ggC TCC Cgg TAT ATg A - 3'.

Режим амплификации: 94 °C – 4 мин – предварительная денатурация (×1); 94 °C – 10 с – денатурация, 60 °C – 10 с – отжиг праймеров, 72 °C – 10 с – синтез (×38); 72 °C – 5 мин – финальная элонгация (×1); хранение – 4 °C.

Для определения полиморфизма гена *BLG* по вариантам *BLG^A* и *BLG^B* 20 мкл ПЦР пробы обрабатывали 5 ед. эндонуклеазы рестрикции HaeIII при 37 °C течение ночи. Сайт узнавания рестриктазы – GG↓CC / CC↓GG. Источник фермента – штамм *E. coli*, несущего клонированный ген Hae III из *Haemophilus aegyptius* в 1×буфере «С» (СибЭнзим).

ПЦР-ПДРФ показал наличие четырех рестрикционных фрагментов 153, 109, 79 и 74 пн соответствующих генотипу *BLG^{AB}*, трех фрагментов 109, 79 и 74 пн – *BLG^{BB}* и двух фрагментов 153, 109 пн – *BLG^{AA}*.

Для оценки полиморфизма гена *PIT-1* использовали последовательности олигонуклеотидов (Woollard J. Et al., 1994):

Pit1-F: 5' - AAA CCA TCA TCT CCC TTC TT - 3';

Pit1-R: 5' - AAT gTA CAA TgTgCC TTC TgA g - 3'.

Режим амплификации: 94 °C – 5 мин – предварительная денатурация (×1); 94 °C – 30 с – денатурация, 56 °C – 30 с – отжиг праймеров, 72 °C – 30 с – синтез (×35); 72 °C – 10 мин – финальная элонгация (×1); хранение – 4 °C [10].

Генотипирование гена *PIT-1* проводили путем расщепления продукта ПЦР с использованием рестриктазы *HinfI* при 37 °C течение ночи. Сайт узнавания *HinfI* – G↑ANTC / CTNA↓G. Источник: штамм *E. coli*, несущего клонированный ген *HinfI* из *Haemophilus influenzae*.

Генотипу *PIT-1^{AA}* соответствовало наличие одной полосы ДНК размером 451 пн, генотипу *PIT-1^{AB}* – три полосы ДНК размером 451 пн, 207 и 244 пн, генотипу *PIT-1^{BB}* – две полосы размером 207 и 244 пн.

Биохимический анализ крови проведен на ветеринарном анализаторе SMT-120V и на биохимическом анализаторе Biochem FC-120 методом фотометрии, гематологический анализ – методами кондуктометрии, фотометрии на гематологическом анализаторе MicroCC-20Plus Vet.

Сбор данных зоотехнического учета проведен из базы «АСЕРАС» аналитического центра экономической политики в агропромышленном комплексе Республики Казахстан. Получена информация о молочной продуктивности (удой, жирномолочность, белкомолочность, количество молочного жира и белка) полновозрастных коров за 305 дней лактации.

Статистическая обработка проводилась с использованием стандартного пакета Microsoft Office Excel 2016. Нормальность распределения признаков оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка, сопряженность признаков – с помощью коэффициента корреляции Пирсона и рангового коэффициента Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемых породах крупного рогатого скота, разводимого в Павлодарской области Республики Казахстан, выявлены полиморфизмы генов *CSN3*, *BLG* и *PIT-1*. Генетическая структура симментальской и красной степной пород по гену *CSN3* представлена в табл. 1.

Таблица 1

Генетическая структура симментальской и красной степной пород по гену CSN3
Genetic structure of the Simmental and Red Steppe breeds according to the CSN3 gene

Порода	<i>n</i>	Частота генотипа, %						Частота аллелей, %		χ^2
		AA		AB		BB		A	B	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%			
Симмен- тальская	103	28	27,0 ± 4,4	50	48,0 ± 4,9	25	24,0 ± 4,1	52,0 ± 4,9	48,0 ±4,9	0,47
Красная степная	120	41	34,2 ± 4,2	59	49,2 ± 4,5	20	16,6 ±3,3	58,0 ± 4,5	42,0 ±4,5	0,04

Наблюдаемая степень гетерозиготности (CSN3^{AB}) в породах составляет 48 и 49,2 % соответственно. Частота желательного генотипа (CSN3^{BB}) находится на уровне 16,6 и 24 %. В симментальской породе выявлены достоверные различия между частотами генотипов CSN3^{AA/AB} и CSN3^{AB/BB} ($p < 0,001$). У красной степной породы генотип CSN3^{AB} имеет самую высокую частоту – 49,2 %, за ним следуют CSN3^{AA} – 34,2 % и CSN3^{BB} – 16,6 %. Различия между этими частотами достоверны при $p < 0,05$ и $p < 0,001$. Межпородных различий по частотам одинаковых генотипов не установлено. Распределение частот в этих популяционных выборках не отличалось от теоретически ожидаемого, что может говорить о

генном равновесии и отсутствии существенного влияния факторов отбора и подбора животных.

Следует отметить, что наши данные по гену CSN3 у симментальской породы согласуются с результатами исследований Р. Bartonova по чешским симментам (CSN3^{AB} – 48,7 %, частота аллеля В – 41,8 %) [17]. Частота встречаемости «желательного» генотипа CSN3^{BB} у животных симментальской и красной степной пород Северного Казахстана на 11,3 и 6,3 % выше, чем у пород соседнего Сибирского региона [18].

В отношении полиморфизма гена BLG генотип BLG^{BB} выявлен у 38,9 % симментальских коров, у красной степной породы – 36,8 % (табл. 2).

Таблица 2

Генетическая структура симментальской и красной степной пород по гену BLG
Genetic structure of the Simmental and Red steppe breeds according to the BLG gene

Порода	<i>n</i>	Частота генотипа, %						Частота аллелей, %		χ^2
		AA		AB		BB		A	B	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%			
Симмен- тальская	116	14	12,0 ± 3,0	58	50,0 ± 4,6	44	38,9 ± 4,47	35,0± 4,4	65,0±4,4	1,12
Красная степная	98	12	12,2 ± 3,2	50	51,0 ±5,0	36	36,8 ± 4,8	35,0± 4,8	65,0±4,8	0,9

В структуре обеих пород преобладает гетерозиготный генотип BLG^{AB} (на уровне 50 %), частоты гомозигот минимальны (на уровне 12 %). Различия между частотами генотипов BLG^{AA/AB} и BLG^{AA/BB} у пород достоверны ($p < 0,05$). Различий между породами в пределах отдельных генотипов не выявлено, что может свидетельствовать об отсутствии вовлеченности этого гена в процесс породообразования. В то же время высокая частота аллеля BLG^B (65 %) по отношению к BLG^A (35 %) указывает на то, что существует

дифференцированный вклад аллелей в формирование структуры породы одного направления продуктивности.

По гену BLG симментальской породы наши данные согласуются с результатами исследований чистопородных симменталов Сибири, где желательный генотип BLG^{BB} выявлен у 39,2 % коров [19].

По гену PIT-1 в анализируемых выборках наблюдается преобладание частоты аллеля PIT-1^B: 51,0 и 70,0 % соответственно (табл. 3).

У красной степной породы генотип PIT-1^{BB} имеет самую высокую частоту (47,5 %), за ним следуют PIT-1^{AB} и PIT-1^{AA} – 43,3 и 9,2 %. Различия между частотами генотипов PIT-1^{AA/AB} и PIT-1^{AA/BB} красной степной породы достоверны ($p < 0,001$).

У симменталов преобладает гетерозиготы PIT-1^{AB} (45,0 %), гомозиготы составляют 23,0 %

(PIT-1^{AA}) и 30,0 % (PIT-1^{BB}). Различия между частотами генотипов PIT-1^{AA/AB} у симменталов достоверны ($p < 0,01$). Также отмечены межпородные различия ($p < 0,05$) между частотами генотипов по PIT-1^{AA} и PIT-1^{BB}.

Таблица 3

Генетическая структура симментальской и красной степной пород по гену PIT-1
Genetic structure of the Simmental and Red steppe breeds according to the PIT-1 gene

Порода	<i>n</i>	Частота генотипа, %						Частота аллелей, %		χ^2
		AA		AB		BB		A	B	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%			
Симмен- тальская	59	14	23,0± 5,5	27	45,0± 6,4	18	30,0 ± 5,9	49,0 ± 6,5	51,0 ±6,5	0,6
Красная степная	120	11	9,2 ± 2,5	52	43,3± 4,5	57	47,5± 4,5	30,0 ± 4,2	70,0 ± 4,2	0,06

Таким образом, анализ генотипической структуры популяционных выборок, частоты аллелей и уровень значимости соответствия Харди–Вайнберга отражает различную степень генотипического разнообразия пород при генном равновесии.

После генотипирования полиморфных состояний по генам CSN3, BLG, PIT-1 был проведен сравнительный анализ показателей молочной продуктивности животных с разными генотипами.

При изучении связи генотипов по гену CSN3 с показателями продуктивности коров симментальской породы установлено, что гомозиготный генотип CSN3^{BB} оказывает положительное влияние ($p < 0,05$) на повышение удоя, выход молочного белка и жира в молоке по сравнению с другими генотипами (табл. 4). У красной степной породы достоверных различий по гену CSN3 не выявлено.

Таблица 4

Молочная продуктивность коров симментальской породы с разными генотипами CSN3
Milk productivity of Simmental cows with different CSN3 genotypes

Показатель	Генотип	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Лимит		SD (δ)	Cv
				min	max		
Удой, кг	AA	28	5229 ± 115,4	4099	6740	610,8	11,5
	AB	50	6243 ± 107,0	4191	7460	756,7	12,1
	BB	25	7111 ± 126,5	5938	8876	632,7	8,9
Жир, %	AA	28	4,23 ± 0,054	3,7	4,97	0,287	6,8
	AB	50	4,26 ± 0,041	3,6	5,03	0,293	6,9
	BB	25	4,26 ± 0,055	3,81	4,87	0,277	6,5
Белок, %	AA	28	3,23 ± 0,021	3,06	3,56	0,113	3,5
	AB	50	3,21 ± 0,012	3,06	3,45	0,085	2,7
	BB	25	3,25 ± 0,021	3,08	3,62	0,104	3,2
Кол-во жира, кг	AA	28	229,2 ± 6,54	172,2	306,4	34,6	15,1
	AB	50	268,7 ± 5,11	173,4	346,9	36,1	13,5
	BB	25	301,7 ± 6,69	240,6	362,1	33,4	11,1
Кол-во белка, кг	AA	28	172,9 ± 3,91	142,2	222,8	20,7	12,0
	AB	50	201,6 ± 3,26	131,5	239,5	23,1	11,4
	BB	25	228,9 ± 4,75	169,3	292,9	23,7	10,4

Статистически достоверных различий между животными разных генотипов по гену BLG у симментальской и красной степной пород также не установлено (табл. 5).

Таблица 5

Молочная продуктивность коров красной степной породы с различными генотипами BLG
Milk productivity of Red Steppe cows with different BLG genotypes

Показатель	Генотип	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Лимит		SD (δ)	Cv
				min	max		
Удой, кг	AA	12	7046 $\pm$ 312,5	5347	8808	1082	15,4
	AB	50	7099 $\pm$ 177,7	3602	9800	1257	17,7
	BB	36	6726 $\pm$ 219,6	4218	9132	1318	19,6
Жир, %	AA	12	4,03 $\pm$ 0,04	3,87	4,35	0,137	3,4
	AB	50	4,01 $\pm$ 0,02	3,7	4,36	0,144	3,6
	BB	36	4,0 $\pm$ 0,018	3,62	4,22	0,11	2,7
Белок, %	AA	12	3,2 $\pm$ 0,013	3,13	3,3	0,046	1,4
	AB	50	3,2 $\pm$ 0,011	3,04	3,42	0,077	2,4
	BB	36	3,23 $\pm$ 0,022	3,1	3,9	0,131	4,1
Кол-во жира, кг	AA	12	283,7 $\pm$ 13,1	213,9	345,3	45,3	16
	AB	50	284,5 $\pm$ 7,37	156,7	401,8	52,1	18,3
	BB	36	269,7 $\pm$ 9,05	167,5	375,3	54,3	20,1
Кол-во белка, кг	AA	12	225,5 $\pm$ 10,2	172,2	280,1	35,3	15,7
	AB	50	226,3 $\pm$ 5,48	123,2	308,7	38,8	17,1
	BB	36	216 $\pm$ 7,26	129,9	259,9	43,5	20,2

Очевидно, что вклад одного или нескольких генов в сложный по генетической природе количественный признак может быть незначительным, тем более если учитывать влияние множества паратипических факторов. Вероятно, поэтому исследователи демонстрируют противоречивые результаты. В то же время полученные ассоциации отражают уникальность каждой популяционной группы с точки зрения сложившегося динамического постоянства аллелофонда породы. Отсутствие контролируемого отбора по генам, косвенно связанным с селекционируемыми признаками, может изменить не только средние арифметиче-

ские величины, но и изменчивость и корреляции между признаками. Мы наблюдаем, что у животных разных генотипов существенных изменений фенотипической изменчивости показателей не произошло. Что касается изменений корреляций между признаками внутри генотипических групп животных, то здесь мы не наблюдаем значительных различий в степени и направлении связи между продуктивными, гематологическими и биохимическими показателями крови. В табл. 6 представлены только достоверные коэффициенты корреляции у животных разных генотипов по гену CSN3.

Таблица 6

Корреляция между биохимическими и гематологическими показателями животных симментальской и красной степной пород по гену CSN3
Correlation between biochemical and hematological parameters of animals of the Simmental and Red steppe breeds according to the CSN3 gene

Коррелирующий признак	CSN ^{AA}	CSN ^{AB}	CSN ^{BB}
1	2	3	4
<i>Симментальская порода</i>			
Удой, кг			
Аспаратаминотрансфераза (AST), ед/л	–	–	– 0,572 $\pm$ 0,172**
Мочевина (BUN), ммоль/л	–	–	– 0,572 $\pm$ 0,172**

1	2	3	4
Адренокортикотропный гормон (АКТГ), пг/мл	–	–	+ 0,516±0,179**
Кортизол, нмоль/л	–	– 0,358±0,135*	– 0,471±0,184*
Общий белок, г/л	–	– 0,320± 0,137*	–
Концентрация гемоглобина (hgb), г/л	+ 0,683±0,143***	–	–
Число лейкоцитов (WBC), 10 ⁹ /л	–	– 0,333± 0,136*	–
Средний объем тромбоцитов (mpv), фл	–	– 0,424± 0,131**	–
Однородность размера тромбоцитов (pdw), фл	–	– 0,297± 0,138*	–
Жир, %			
BUN, ммоль/л	+ 0,517±0,168***	–	–
Число лимфоцитов (LYM), 10 ⁹ /л	+ 0,410±0,179*	+ 0,434±0,177*	–
Белок, %			
Щелочная фосфатаза (ALP), ед/л	–	– 0,271± 0,127*	–
Содержание смеси моноцитов, эозинофилов, базофилов и незрелых клеток (MID), 10 ⁹ /л	–	+ 0,399± 0,147**	–
Красная степная порода			
Удой, кг			
Число гранулоцитов (GRA), 10 ⁹ /л	– 0,36±0,15*	–	–
Концентрация гемоглобина (HGB), г/л	+ 0,595±0,129***	+ 0,589±0,107***	–
Степень отклонения размера эритроцитов от нормального RDW-CV, %	+ 0,50±0,139***	–	–
Гематокрит (HCT), %	+ 0,628±0,125***	+ 0,801±0,079***	–
Число эритроцитов (RBC), 10 ¹² /л	–	–	+ 0,616±0,186**
WBC, 10 ⁹ /л	–	–	+ 0,469±0,208*
АКТГ, пг/мл	– 0,839±0,087***	–	–
Кортизол, нмоль/л	– 0,746±0,107***	– 0,835±0,073***	–
Жир, %			
ALP, ед/л	–	– 0,278±0,127*	–
MID, 10 ⁹ /л	–	– 0,406±0,146*	–
Белок, %			
ALP, ед/л	–	– 0,271±0,127*	–
Аланинаминотрансфераза (ALT), ед/л	–	–	– 0,504±0,204*
Магний, ммоль/л	–	–	– 0,598±0,189**

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Таким образом, изучение полиморфизма генов в породах, разводимых на территории Северного Казахстана, его связи с молочной продуктивностью, морфологическими и биохимическими параметрами крови позволило получить дополнительную информацию о предлагаемых генети-

ческих маркерах крупного рогатого скота, в том числе для оценки функциональной изменчивости признаков.

ВЫВОДЫ

1. Генетическая структура симментальской и красной степной пород по локусам CSN3, BLG, PIT-1 характеризуется высокой частотой гетерозигот (на уровне 45–50 %). Доля гомозигот варьирует в породах. Так, у симменталов частота CSN3^{AA} и CSN3^{BB} составляет 27 и 24 %, у красной степной – 34,2 и 16,6 %. По гену BLG частоты гомозигот у двух пород распределены относительно одинаково – 12 % (BLG^{AA}) и 37 % (BLG^{BB}). В отличие от равного соотношения аллельных вариантов гена CSN3, частота аллеля BLG^B в 1,8 раза выше альтернативного аллеля ($p < 0,01$).

2. Установлены межпородные различия по частоте генотипов PIT-1^{AA} и PIT-1^{BB} ($p < 0,05$). У симменталов частота гомозигот составляет 23 % (PIT-1^{AA}) и 30 % (PIT-1^{BB}), а у красной степной породы соответственно 9,2 и 47,5 %. Частотное

распределение аллелей у симменталов относительно равное, у красной степной превалирует PIT-1^B (70 против 30 %).

3. У коров симментальской породы установлено, что гомозиготный генотип CSN3^{BB} оказывает положительное влияние ($p < 0,05$) на повышение удоя, выход молочного белка и жира в молоке по сравнению с другими генотипами. Статистически достоверных различий между животными разных генотипов по гену CSN3 у коров красной степной пород и гену BLG у обеих пород не установлено.

4. Установлены степень и направление связи между показателями молочной продуктивности, гематологическими и биохимическими показателями крови у животных симментальской и красной степной пород с учетом их генотипической принадлежности, которые можно использовать в оценке функциональной изменчивости признаков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Polymorphisms of leptin, β -lactoglobulin and pituitary transcription factor have no effect on milk characteristics in crossbred cows* / J.B. Ferreira, M.M. Guilhermino, J.H.G.M. Leite [et al.] // *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinariae Zootecnia*. – 2019. – Vol. 18(2). – P. 715–719.
2. *Bayraktar M.* Molecular characterization of Kappa-casein and β -lactoglobulin genes in Anatolian Black cattle and Holstein breeds // *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* – 2022. – Vol. 74, № 1. – P. 133–140.
3. *Czerniawska-Piatkowska E., Cioch-Szklarz B., Kowalczyk A.* Relationship between Milk Protein Polymorphism and Selected Cows' Reproductive Indices // *Animals*. – 2023. – № 13(11). – P. 1–10.
4. *Егорова Е.В., Тамарова Р.В.* Молочная продуктивность коров разных пород во взаимосвязи с генотипами по каппа-казеину и бета-лактоглобулину // *Аграрный вестник Верхневолжья*. – 2019. – № 2 (27). – С. 79–85.
5. *Тюлькин С.В.* Влияние генотипа коров на их продуктивность и качество молока // *Пищевые системы*. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 38.
6. *Реализация генетического потенциала черно-пестрых коров разных генотипов по гену каппа-казеина* / А.Д. Лемякин, Л.С. Баданина, К.Д. Сабетова [и др.] // *Сельскохозяйственная наука Евро-Северо-Востока*. – 2023. – № 24 (6). С. 1021–1028.
7. *Сафина Н., Гайнутдинова Е., Шакиров С.* Молочная продуктивность голштинского скота с разными генотипами гена каппа-казеина (CSN3) // *Аграрный научный журнал*. – 2021. – № 10. – С. 93–97.
8. *Ладыка В., Склярченко Ю., Павленко Ю.* Анализ комплексных генотипов бета- и каппа-казеина быков молочных пород // *Разведение и генетика животных*. – 2020. – № 60. – С. 99–109.
9. *Тамарова Р.В., Егорова Е.В.* Влияние разных генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина на продуктивность коров айрширской, голштинской и ярославской пород // *Главный зоотехник*. – 2021. – № 12. – С. 9–27.
10. *Позовникова М.В., Сердюк Г.Н.* Связь полиморфизма гена PIT-1 с продуктивными признаками голштинизированного черно-пестрого скота // *Генетика и разведение животных*. – 2017. – № 4. – P. 37–41.
11. *Полиморфизм гена POU1F1 у коров красной степной породы* / Л.А. Гетманцева, М.А. Леонова, А.Ю. Колосова, А.В. Усатов // *Аграрный вестник Урала*. – 2014. – № 12(130). – С. 23–25.
12. *Genetic polymorphism of PIT-1 gene associated with milk production traits in Holstein cattle* / A. Trakovicka, N. Moravčikova, M. Gabor, M. Miluchova // *Acta Agr. Kapos.* – 2014. – № 18 (1). – P. 146–151.
13. *Association of PIT1 Gene with Milk Fat Percentage in Holstein Cattle* / Z. Ebrahimi Hoseinzadeh, M.R. Mohamadabadi, A. Esmailizadeh Koshkuieh, A. Khezri1, A. Najmi Noori // *Iranian Journal of Applied Animal Science*. – 2015. – № 5 (3). – P. 575–582.
14. *Калашникова Л.А.* ДНК-технологии оценивают сельскохозяйственных животных. – Лесные Поляны: ВНИИПлем, 1999. – 148 с.
15. *Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота* / Л.А. Калашникова, Я.А. Хабибрахманова, И.Ю. Павлова [и др.]. – Лесные Поляны, 2015. – 33 с.
16. *Кириленко С.Д., Глазко В.И.* Идентификация генотипов по каппа-казеину и BLAD мутации с использованием полимеразной цепной реакции у крупного рогатого скота // *Цитология и генетика*. – 1995. – № 6. – С. 60–62.

17. Association between CSN3 and BCO2 gene polymorphisms and milk performance traits in the Czech Fleckvieh cattle breed / P. Bartonova, I. Vrtkova, K. Kaplanova, T. Urban // *Genet Mol Res.* – 2012. – № 11. – С. 1058. – DOI: 10.4238/2012.April.27.4.
18. Genotyping of selection-significant polymorphisms of cattle of the Western Siberia / N. Kochnev, G. Goncharenko, S. Mager [et al.] // *Intern. Sci. and Pract. Conf. "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad"*. – 2020. – Vol. 222. – P. 03019/
19. Влияние гоштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3 и BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодность / Г.М. Гончаренко, Н.Б. Гришина, О.В. Плахина [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – 2016. – № 4(251). – С. 44–53.

REFERENCES

1. Ferreira J.B., Guilhermino M.M., Leite J.H.G.M. [et al.], Polymorphisms of leptin, β -lactoglobulin and pituitary transcription factor have no effect on milk characteristics in crossbred cows, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinariae Zootecnia*, 2019, Vol. 18(2), pp. 715–719.
2. Bayraktar M., Molecular characterization of Kappa-casein and β -lactoglobulin genes in Anatolian Black cattle and Holstein breeds, *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 2022, Vol. 74, No. 1, pp. 133–140.
3. Czerniawska-Piatkowska E., Cioch-Szklarz B., Kowalczyk A., Relationship between Milk Protein Polymorphism and Selected Cows' Reproductive Indices, *Animals*, 2023, No. 13(11), pp. 1–10.
4. Egorashina E.V., Tamarova R.V., *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2019, No. 2 (27), pp. 79–85. (In Russ.)
5. Tyul'kin S.V., *Pishchevye sistemy*, 2018, T. 1, No. 3, pp. 38. (In Russ.)
6. Lemyakin A.D., Badanina L.S., Sabetova K.D., Chaytskiy A.A., Shchogolev P.O., *Sel'skokhozyaystvennaya nauka Evro-Severo-Vostok*, 2023, No. 24 (6), pp. 1021–1028. (In Russ.)
7. Safina N., Gaynutdinova E., Shakirov S., *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2021, No. 10, pp. 93–97. (In Russ.)
8. Ladyka V., Sklyarenko Yu., Pavlenko Yu., *Razvedenie i genetika zhivotnykh*, 2020, No. 60, pp. 99–109. (In Russ.)
9. Tamarova R.V., Egorashina E.V., *Glavnyy zootekhnicheskyy zhurnal*, 2021, No. 12, pp. 9–27. (In Russ.)
10. Pozovnikova M.V., Serdyuk G.N., *Genetika i razvedenie zhivotnykh* 2017, No. 4, pp. 37–41. (In Russ.)
11. Getmantseva L.A., Leonova M.A., Kolosova A.Yu., Usatov A.V., *Agrarnyy vestnik Urala*, 2014, No. 12(130), pp. 23–25. (In Russ.)
12. Trakovicka A., Moravčikova N., Gabor M., Miluchova M., Genetic polymorphism of PIT-1 gene associated with milk production traits in Holstein cattle, *Acta Agr. Kapos*, 2014, No. 18(1), pp. 146–151.
13. Ebrahimi Hoseinzadeh Z., Mohammadabadi M.R., Esmailizadeh Koshkuieh A., Khezri A., Najmi Noori A., Association of PIT1 Gene with Milk Fat Percentage in Holstein Cattle, *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 2015, No. 5 (3), pp. 575–582.
14. Kalashnikova L.A., *DNK-tehnologii otsenivayut sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (DNA technology evaluates farm animals), *Lesnye polyany: VNIIPlem*, 1999, 148 p.
15. Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Pavlova I.Yu. i dr., *Rekomendatsii po genomnoy otsenke krupnogo rogatogo skota* (Recommendations for genomic evaluation of cattle), *Lesnye Polyany*, 2015, 33 p.
16. Kirilenko S.D., Glazko V.I., *Tsitologiya i genetika*, 1995, No. 6, pp. 60–62. (In Russ.)
17. Bartonova P., Vrtkova I., Kaplanova K., Urban T., Association between CSN3 and BCO2 gene polymorphisms and milk performance traits in the Czech Fleckvieh cattle breed, *Genet Mol Res*, 2012, No. 11, pp. 1058, DOI: 10.4238/2012.April.27.4.
18. Kochnev N., Goncharenko G., Mager S. et al., Genotyping of selection-significant polymorphisms of cattle of the Western Siberia, *Intern. Sci. and Pract. Conf. "Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad"*, 2020, Vol. 222, pp. 03019.
19. Goncharenko G.M., Grishina N.B., Plakhina O.V., Gerasimchuk L.D., Bambukh V.I., Pankov E.A., Pankov S.A., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2016, No. 4, pp. 44–53. (In Russ.)

Информация об авторах:

Г.Г. Джаксыбаева, магистр технических наук
Н.Н. Кочнев, доктор биологических наук

Contribution of the authors:

G.G. Jaxybayeva, Master of Technical Sciences
N.N. Kochnev, Doctor of Biological Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НАКОПЛЕНИЯ ЦИНКА В ОРГАНИЗМЕ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС

О.А. Зайко, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Для цитирования: Дифференциация накопления цинка в организме свиней породы ландрас / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 151–162. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-151-162.

Ключевые слова: цинк, печень, почки, селезенка, легкие, миокард, свиньи, ландрас.

Реферат. Представлены данные по оценке уровня цинка в печени, почках, легких, селезенке и миокарде свиней породы ландрас. Работа выполнена на клинически здоровых животных, откормленных в крупном свиноводческом комплексе Алтайского края. Технология содержания свиней была трехфазной, условия – типовыми, соответствовали ГОСТ 28839–90. Откорм свиней выполнялся до 160 дней комбикормами серийного выпуска с сертификатами соответствия и добавлением витаминно-минеральных премиксов, соответствующими детализированным нормам кормления. Оценка уровня цинка осуществлялась с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой. Для обработки первичного материала использовали ПО Microsoft Office Excel, язык программирования R (версия 4.4.1), среду анализа данных RStudio версии 2024.09.0 (2009–2024 Posit Software, PBC). Установлено, что распределение в отношении накопления цинка в печени и почках отличалось от распределения Гаусса, в ряде случаев присутствовали выбросы, дисперсии были не гомогенны. С использованием медианы сформирован возрастающий ранжированный ряд содержания цинка в органах: миокард < легкие < почки < селезенка < печень, в численном выражении: 1 : 1,2 : 1,4 : 2,4 мг/кг. В плане изменчивости наименьшая однородность по рассматриваемому признаку характерна для печени. На основании теста Краскала–Уоллиса установлены значимые различия в концентрации цинка ($H = 88,485$, $df = 4$, $p < 0,0001$). Парное сравнение продемонстрировало достоверные отличия уровня химического элемента в печени от всех остальных внутренних органов и миокарда и дополнительно в парах: «почки–легкие», «селезенка–легкие», «почки–миокард», «селезенка–миокард». Методом агломеративного кластерного анализа выделен такой орган, как печень, имеющий максимальный уровень аккумуляции минерала, все остальные структуры каскадно объединены вплоть до группы с минимальным количеством: «легкие–сердце». Приведены фенотипические дистанции между кластерами. Результаты подходят для определения нормативных значений содержания цинка в печени, почках, легких, селезенке и сердечной мышце свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири.

DIFFERENTIATION OF ZINC ACCUMULATION IN THE BODY OF THE LANDRAS PIGS

O.A. Zaiko, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezkhko

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: copper, liver, kidneys, spleen, lungs, myocardium, pigs, landrace.

Abstract. The presented data pertains to the assessment of zinc levels in the liver, kidneys, lungs, spleen, and myocardium of pigs of the Landras breed. The work was performed on clinically healthy animals, fed in a large pig -breeding complex of the Altai Territory. The technology employed by pigs was three-phase, and the typical conditions were in accordance with GOST 28839–90. The pigs were fed for a duration of 160 days using compound feeds of serial output, accompanied by certificates of conformity, and supplemented with vitamin-mineral premixes that corresponded to precise feeding standards. A zinc level assessment was performed using an atomic emission spectral analysis with inductive-tied plasma. For the processing of primary material, Microsoft Office Excel was utilized, along with the programming language R (version 4.4.1), and RStudio version analysis version 2024.09.0 (2009–2024 Posit Software, PBC). It was established that the distribution of zinc in the liver

and kidneys differed from the distribution of the Gauss. In some cases there were emissions, and dispersions that were not homogeneous. Using a median, an increasing ranking range of zinc content in the organs was formed: myocardium < lungs < kidney < spleen < liver, in numerical terms: 1 : 1 : 1 : 1.2 : 1.4 : 2.4 mg/kg. In terms of variability, the smallest uniformity according to the point under consideration is characteristic of the liver. On the basis of the twill painting test, significant differences in the concentration of zinc are established ($h = 88,485$, $df = 4$, $p < 0,0001$). The pawn comparison demonstrated reliable differences in the level of the chemical element in the liver from all other internal organs and myocardial and additionally in pairs: "kidneys-light", "spleen-lungs", "kidney-myocardium", "spleen-myocardium". The method of agglomeration cluster analysis is allocated such an organ as a liver that has a maximum level of accumulation of the mineral, all other structures are cascaded up to the group with the minimum amount- "light-heart". Phenotypes of distances between clusters are given. The results are suitable for determining the normative values of zinc content in the liver, kidneys, lungs, spleen and heart muscle of the lands of the Landras grown in Western Siberia.

Химические элементы являются частью сложного протеома клеток, который характеризует большую долю функциональной информации о генах, обладает широким динамическим диапазоном, меняясь в зависимости от типа клеток и в ответ на внешние раздражители. Он отражает биологические функции и характеризует живые системы на молекулярном уровне [1, 2]. Около 10 % протеома млекопитающего на примере человека представлено цинкосодержащими белками [3]. Метаболомикой выделяется элементный метаболом [4], характеризующий различные группы живых организмов и связанный с молекулярным разнообразием, как одной из частей биологического разнообразия живых организмов [5]. Информация о минеральном составе организма сельскохозяйственных животных, использующихся в пищевом производстве, важна для сохранения биоразнообразия и оценки биологической ценности мясного производства. В перспективе генетические характеристики с поиском генов-кандидатов, ответственных за данные фенотипические особенности, могут послужить шагом для разработки необходимых программ в сельском хозяйстве, так как мясо и субпродукты являются высокоценными источниками белка, витаминов и минералов [6–8]. При этом существует устойчивость макроорганизма к воздействию основных эссенциальных минералов, поступающих из корма, так как гомеостатические механизмы предотвращают их накопление в организме животных [9]. Предполагается сложная система обратной связи и поддержания уровня минеральных веществ в узком диапазоне [10]. Каждый химический элемент имеет свой оптимальный уровень содержания в зависимости от вида, породы животного и некоторых других биологических особенностей [11].

Цинк считается самым распространенным переходным металлом в живых организмах, если не учитывать железо, связанное с гемоглобином [12].

Особенно значима его концентрация в клетках, где он вряд ли может считаться микроэлементом в классическом понимании [13]. Цинк имеет три основные биологические роли: каталитическую, структурную и регуляторную. Он ассоциируется с полноценным ростом и здоровьем, необходим для обеспечения структуры и функционирования различных белков и клеточных компонентов, играет важную роль в физиологии млекопитающих [14]. Основная роль цинка заключается в стабилизации структуры около 2 800 макромолекул и более 300 ферментов, включая сигнальные ферменты на всех уровнях [15, 16], является кофактором во всех шести классах ферментов [17]. Данный минерал лучше усваивается из продуктов животного происхождения, которые содержат его большее количество [18]. Но в настоящее время регистрируется значительное снижение содержания цинка в пищевых продуктах как растительного, так и животного происхождения [19].

Мониторинг остается актуальным направлением. Создание референтной популяции с определением исходных характеристик и регулярный контроль на предмет изменчивости имеют основополагающее значение для разработки стратегий и программ в животноводстве [20–22]. В западносибирских регионах продолжают оцениваться хозяйственно полезные показатели [23, 24], также развивается комплексная оценка интерьера, фенотипа и генофонда различных видов и пород сельскохозяйственных животных, в том числе исчезающих [25–29]. Химический статус является важным аспектом в этом отношении, комплексом свойств организма, связанных с его экстерьером, конституцией и продуктивностью.

Целью данного исследования являлось установление концентрации цинка в таких внутренних органах свиней ландрасской породы, как печень, почки, легкие, селезенка и сердце (миокард).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовалась группа свиней ландрасской породы, выращенных в крупном свиноводческом комплексе Алтайского края. Животноводческое предприятие закрытого типа имеет уровень компартментализации IV, является благополучным по особо опасным инфекционным, инвазионным и массовым внутренним незаразным болезням указанного вида животных. Для формирования группы свиньи во время откорма отбирались случайным образом, учитывался их пол, возраст, происхождение. На протяжении всего технологического периода хрячки являлись клинически здоровыми, обеспечивались в полном объеме комплексом ветеринарных мероприятий в соответствии с планом, к концу опытного периода в анамнезе отсутствовали какие-либо нарушения со стороны здоровья.

Содержание свиней было трехфазным. Во время откорма животные находились в типовых условиях в соответствии с ГОСТ 28839–90 «Свиньи. Зоотехнические требования к содержанию на откорме». Регулирование микроклимата осуществлялось соответствующим технологическим оборудованием компании «Hermitage» (Ирландия).

Проводился откорм свиней до 160 дней, с планом получения 900–950 г среднесуточного прироста за период откорма. Начиная с подсосного периода для кормления пользовались комбикормами серийного выпуска, типа СК-3, СК-4, СК-5, СК-6, СК-7, имеющими сертификаты соответствия, обогащенные витаминно-минеральными премиксами в количестве 1 % к сухому веществу основного корма. Рационы соответствовали детализированным нормам кормления [30]. Их основой были зерновые и зернобобовые культуры, введены препараты синтетических аминокислот. Оценка соответствия номенклатуре гарантированных и дополнительных показателей проводилась на основании ГОСТ Р 51550–2000 «Комбикорма-концентраты для свиней. Общие технические условия», инструкции о радиологическом контроле качества кормов № 13-7-2/2016 от 01.12.94, временного максимально допустимого уровня (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках от 7 августа 1987 г. Количество цинка на различных этапах откорма составляло 99–172 мг на одно животное в сутки с кормом. Поение свиней производилось водой второго класса из локального хозяйственно-питьевого источника водоснабжения с нормализацией до

требований СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

В сопряженном исследовании анализ воды, почвы и корма на территории локализации свиноводческого предприятия не показал отклонений от допустимых норм по химическим элементам [31].

Убой животных выполнялся в соответствии с требованиями ГОСТ 31476–2012 «Свиньи для убоя. Свинина в тушах и полутушах. Технические условия», действующих технологических инструкций, технических регламентов (ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции»), приказа Минсельхоза России от 12.03.2014 № 72 «Об утверждении Правил в области ветеринарии при убое животных и первичной переработке мяса и иных продуктов убоя непромышленного изготовления на убойных пунктах средней и малой мощности».

Исследовались на концентрацию цинка такие внутренние органы, как печень, почки, легкие, селезенка и сердце. Были отобраны образцы массой около 100 г от каждого объекта, целиком – левая почка и селезенка. Общее число проб – 136. Хранение производилось непосредственно до анализа изолированно в полиэтиленовых пакетах с zip-лок застежкой в морозильной камере, температурный режим составил –24 °С. Анализ уровня цинка в выбранных структурах организма свиней осуществлялся при помощи атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой на оборудовании iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific) с индексом способа обзора плазмы Duo в условиях Аналитического центра коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Данные обрабатывали с помощью ПО Microsoft Office Excel, среды анализа данных RStudio версии 2024.09.0 (2009–2024 Posit Software, PBC), на основании языка программирования R (версия 4.4.1). Характер распределения тестировали, используя критерий Шапиро–Уилка, Андерсона–Дарлинга и общепринятые графические инструменты. Критерий Флигнера–Килина использовали для характеристики дисперсий. Вычислялись такие показатели, как среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, медиана, среднеквадратическое отклонение, первый и третий квартили, интерквартильный размах, лимиты содержания цинка, отношение между крайними вариантами, как результат деления максимального значения на минимальное. При ненормальном распределении для оценки выборочной

средней и стандартного отклонения использовали метод Бокса–Кокса с моделированием Монте-Карло [32]. Для сравнения полученных значений с литературными использовался одновыборочный критерий Уилкоксона. Различия в аккумуляции цинка оценивали, пользуясь непараметрическим критерием Краскела–Уоллиса, апостериорным тестом Данна с поправкой Холма. Кластерный анализ выполнялся методом Варда, метрикой расстояний было манхэттенское расстояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг в сельском хозяйстве имеет многогранный характер. В отношении химических элементов это актуально в поиске новых направлений минимизации их воздействия на человека и животных [33–36]. Развивается направление неинвазивных методик [37, 38]. Также на первый план выходит сохранение здоровья продуктивных животных, важным аспектом в этом является

отслеживание функциональной адаптации, связанной с содержанием различных минералов в макроорганизме [39]. Оценка фенотипических и молекулярных характеристик имеет особую ценность в обосновании стратегического планирования, эффективном и устойчивом использовании, сохранении видов и пород животных [20]. При этом основную роль в систематизации и регламентировании данных необходимо отдать давно формирующемуся направлению – ветеринарной элементологии [40].

С использованием комплекса тестов была выполнена оценка характера распределения уровня цинка в рассматриваемых паренхиматозных органах свиней и миокарде. Содержание металла в селезенке, легких и сердечной мышце характеризовалось нормальным распределением, что не было свойственно описываемому параметру в печени и почках животных. Результаты теста Шапиро–Уилка и Андерсона–Дарлинга совпадали (табл. 1).

Таблица 1

Оценка распределения содержания цинка в органах и миокарде свиней породы ландрас
Assessment of the content of zinc in the organs and myocardium of Landrace breed

Орган, ткань	n	SW	SW.p	AD	AD.p
Печень	27	0,91	0,018	0,98	0,012
Почки	25	0,89	0,009	1,24	0,002
Селезенка	26	0,96	0,356	0,44	0,273
Легкие	30	0,98	0,740	0,28	0,625
Миокард	28	0,97	0,615	0,38	0,383

Примечание. Здесь SW – критерий Шапиро–Уилка; SW.p – уровень значимости критерия Шапиро–Уилка; AD – критерий Андерсона–Дарлинга; AD.p – уровень значимости критерия Андерсона–Дарлинга.

Также использовались графические методы. Было выявлено, что дисперсии отличались негомогенностью ($p < 0,05$). На основании этих оценок установлена необходимость в использовании, в том числе методов непараметрической статистики.

В табл. 2 показаны основные данные, характеризующие содержание цинка в организме свиней

ландрасской породы. Печень является органом, наиболее обогащенным микроэлементом в сравнении с другими исследованными структурами. Здесь зафиксировано максимальное количество цинка, значительно выше, чем в группах «почки – селезенка» и «легкие – миокард».

Таблица 2

Содержание цинка в органах и миокарде свиней породы ландрас, мг/кг
Zinc content in organs and myocardium of Landrace pigs, mg/kg

Орган, ткань	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Me	lim	Отношение крайних вариантов
Печень	27	53,4±6,3	46,0	20,0–140,0	1 : 7
Почки	25	22,4±0,5	22,0	19,0–28,0	1 : 1,5
Селезенка	26	26,8±0,9	27,0	15,0–37,0	1 : 2,5
Легкие	30	19,9±0,4	19,7	15,4–26,1	1 : 1,7
Миокард	28	18,8±0,5	19,0	12,0–24,0	1 : 2

Примечание. $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ – средняя арифметическая и ошибка средних; Me – медиана; lim – максимальное и минимальное значение.

По отдельным данным диапазоны содержания цинка в органах и тканях млекопитающих равны следующим: печень – 40–80, почки – 13–18, селезенка – 10–20 мг/кг, сердце – 14–18 [41]. Во всех трех случаях в соответствии с критерием Уилкоксона полученные нами значения сопоставимы с вышепредставленными.

Аккумуляцию цинка в органах и тканях свиней можно выразить в виде возрастающего ранжированного ряда на основании медианы следующим образом: миокард < легкие < почки < селезенка < печень, изобразив его в соотно-

шении 1 : 1 : 1,2 : 1,4 : 2,4. Во втором случае за единицу принята наименьшая концентрация цинка в миокарде.

Наибольший размах варьирования характерен для содержания цинка в печени. Остальные структуры достаточно близки и однородны по этой характеристике. На рис. 1 наглядно продемонстрирован размах изменчивости уровня цинка во внутренних органах и миокарде. Отмечается наличие по одному выбросу в случае аккумуляции микроэлемента в легких и миокарде.

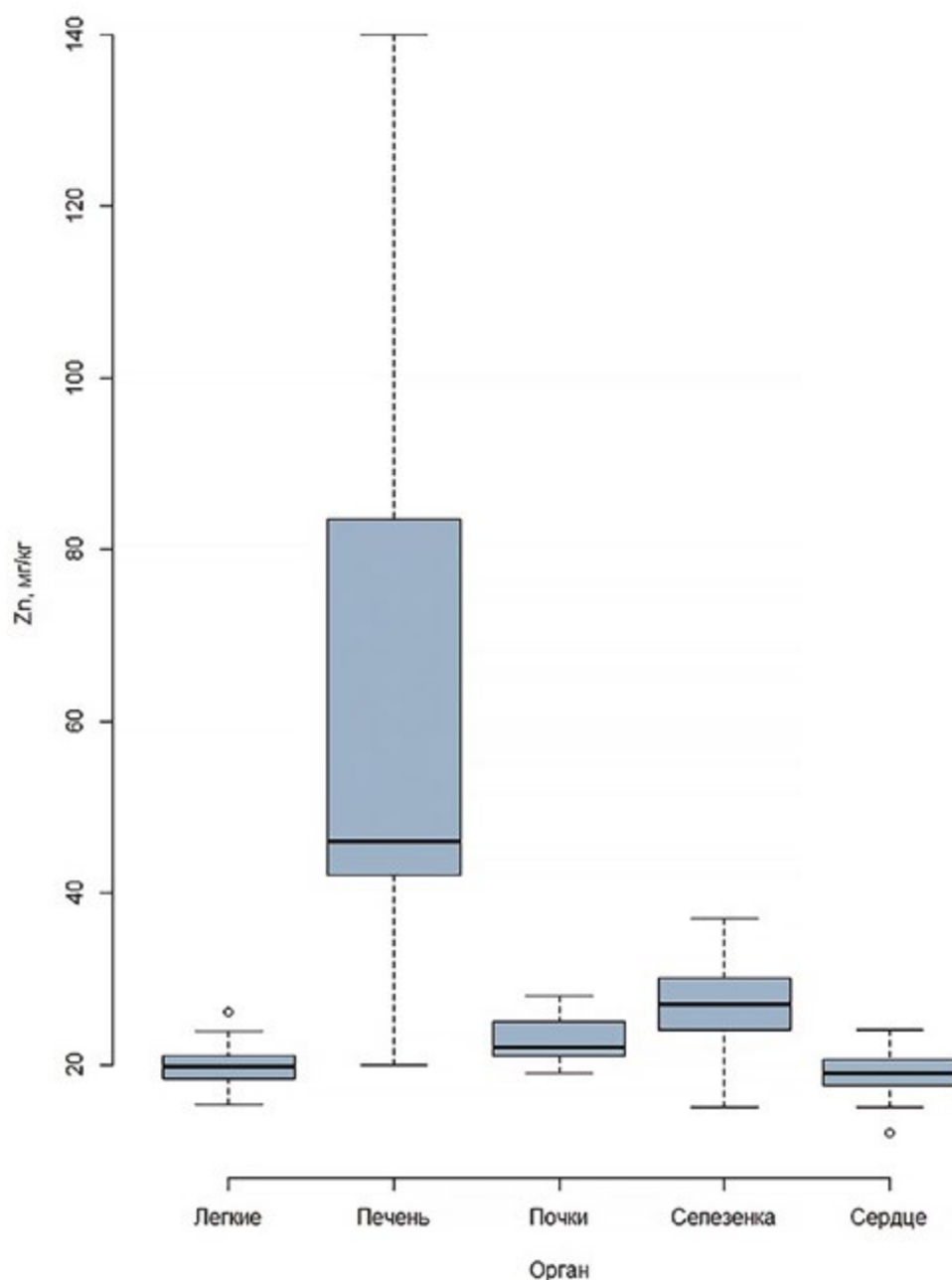


Рис. 1. Размах уровня цинка в органах и миокарде свиней породы ландрас

The range of zinc levels in the organs and myocardium of Landrace pigs

В табл. 3 представлены дополнительно некоторые показатели изменчивости уровня цинка. Относительно небольшие уровни интерквартирного

размаха характерны для всех структур, исключая печень, что подтверждает однородность аккумуляции.

Таблица 3

Показатели изменчивости цинка в органах и миокарде свиней породы ландрас
Indicators of zinc variability in the organs and myocardium of Landrace breed

Орган, ткань	n	σ	Q1	Q3	IQR
Печень	27	27,9	42,0	83,5	41,5
Почки	25	2,3	21,0	25,0	4,0
Селезенка	26	4,7	24,2	30,0	5,8
Легкие	30	2,4	18,4	21,0	2,6
Миокард	28	9,7	17,8	20,3	2,5

Примечание. Q1 – значение первого квартиля; Q3 – значение второго квартиля; IQR – интерквартильный размах.

Для печени характерна высокая фенотипическая изменчивость, в остальных случаях она была относительно низкой ($C_v = 10,3-17,5$).

Посредством теста Краскела–Уоллиса установили наличие значимых отличий в концентрации

цинка между рассматриваемыми структурами ($H = 88,485$, $df = 4$, $p < 0,0001$). Результаты попарного сравнения представлены в табл. 4.

Таблица 4

Попарное сравнение уровня цинка в органах и миокарде свиней породы ландрас
Pairwise comparison of zinc levels in organs and myocardium of Landrace pigs

Орган, ткань	Легкие	Печень	Почки	Селезенка
Печень	-7,33 <0,0001*	–	–	–
Почки	-2,76 <0,05*	4,32 <0,0001*	–	–
Селезенка	-4,72 <0,0001*	2,48 <0,05*	-1,85 >0,05	–
Миокард	0,84 >0,05	8,03 <0,0001*	3,51 <0,01*	5,45 <0,0001*

Примечание. * – P в значимом парном сравнении.

Установлены значимые отличия уровня цинка в печени в сравнении со всеми остальными исследованными структурами. С учетом медианы здесь выше аккумуляция в 1,7 раза, чем в селезенке, в 2,1 раза, чем в почках, в 2,3 и 2,4 раза, чем в легких и миокарде соответственно. Характерны достоверные различия в группах: «почки – легкие», «селезенка – легкие» и «почки – миокард», «селезенка – миокард».

С помощью одного из методов агломеративного кластерного анализа все оцениваемые органы свиней ландрасской породы были разделены на группы по подобию содержания цинка в них (рис. 2).

Для дендрограммы характерен каскадный характер и выделено четыре шага объединения. Фигурирует кластер с минимальным уровнем микроэлемента, куда относятся легкие и миокард сердца, и кластер с максимальным, к которому принадлежит только печень свиней, выделяясь достаточно обособлено. Размер фенотипического сходства структур организма свиней представлен в табл. 5. Ожидаемо наибольшие расстояния отмечаются между печенью с одной стороны и легкими и миокардом – с другой. Максимальная же тождественность по уровню аккумуляции цинка наблюдается между последними двумя структурами.

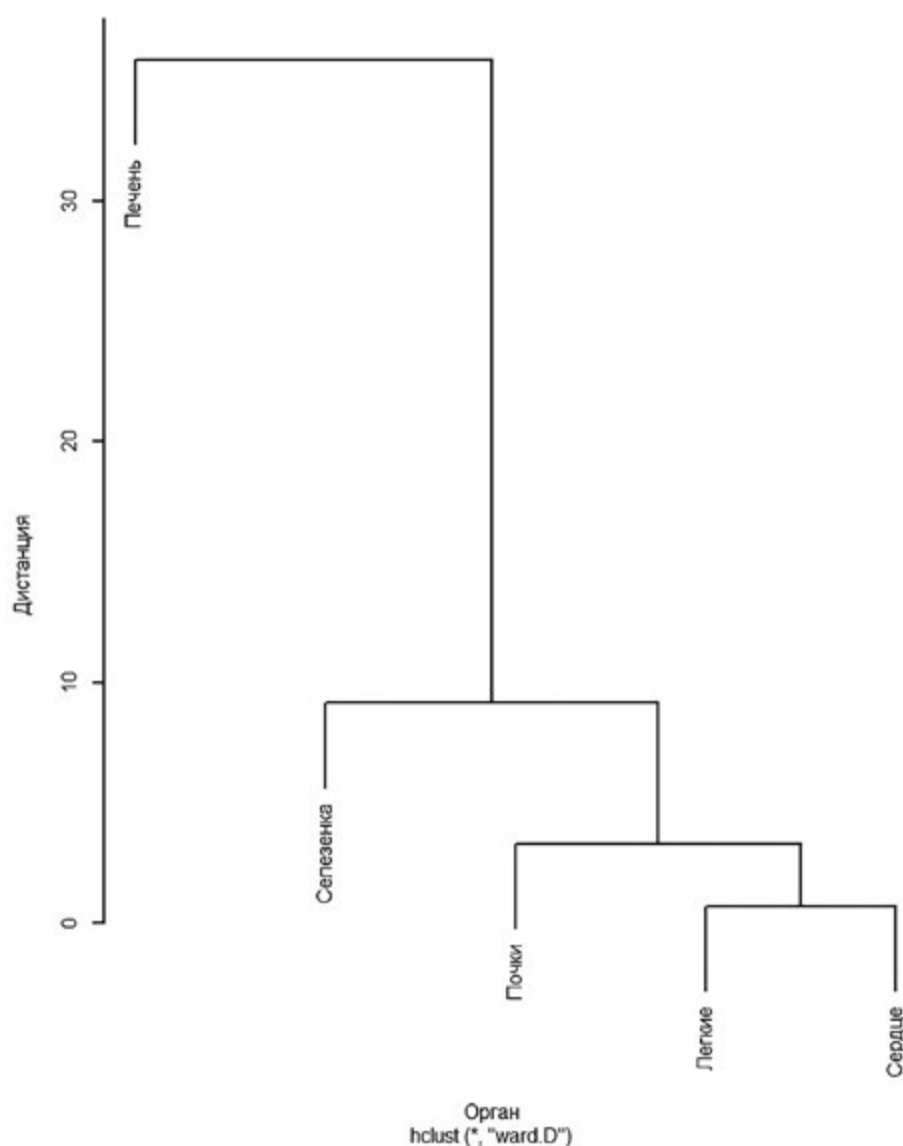


Рис. 2. Кластеризация органов в соответствии с содержанием цинка
Clustering of organs according to the zinc content

Таблица 5

**Фенотипические дистанции между органами свиней породы ландрас
по концентрации цинка**
Phenotypic distances between the organs of Landrace pigs in terms of zinc concentration

Органы, ткани	Легкие	Печень	Почки	Селезенка
Печень	26,3	–	–	–
Почки	2,3	24,0	–	–
Селезенка	7,3	19,0	5,0	-
Миокард	0,7	27,0	3,0	8,0

Считается, что мясные продукты содержат большое количество цинка, которое может составлять от 4,0 до 67,7 мг/кг [42]. По литературным данным в организме свиней цинк может значительно накапливаться на высоких уровнях в некоторых

органах (печень, селезенка и поджелудочная железа) [43]. Это подтверждается полученными нами данными.

Свиная печень является хорошим источником цинка. Мы установили, что медиана содержания

микроэлемента составляет 46,0 мг/кг. В европейском исследовании объединенной группы животных данного вида, забитых в возрасте 5,5–6 и 6,5–7 мес. с массой тела 100–108 кг, содержание цинка в печени составляло 64,1 мг/кг, что в тесте Уилкоксона значимо не отличалось от полученного нами показателя ($p > 0,05$). Также практически идентичными были значения, характеризующие аккумуляцию в почках [44]. М. López-Alonso с соавторами у помесных свиней обнаружили здесь 28,9 и 27,1 мг/кг цинка [45], что также соотносится с нашими данными.

Известно, что по концентрации цинка в печени можно судить о токсичности, она ассоциирована с уровнем более 500 мг/кг, пограничные высокие значения составляют >200 мг/кг. Оптимальным считается диапазон 40–90 мг/кг [46, 47].

Практически половина населения планеты подвержена риску недостаточного потребления цинка. По этой причине микроэлемент активно исследуется в самых разных областях, разрабатываются программы общественного здравоохранения для борьбы с его дефицитом [48, 49]. Вопрос обеспеченности рациона человека цинком считается актуальной проблемой по причине широкого спектра биологических процессов, обеспечивающихся цинком, в этом контексте мы можем утверждать, что печень свиней ландрасской породы является потенциально ценным продуктом, так как рекомендованные пищевые нормы в сутки для женщин и мужчин старше 19 лет составляют 8 и 11 мг [50, 51]. В остальных предполагаемых субпродуктах значимо меньше цинка. Существует перспектива использования генетических методов селекции на способность депонировать эссенциальные химические эле-

менты в органах и тканях животных с целью последующего обогащения ими рациона человека [52, 53].

Нужно отметить, что на данный момент в научном сообществе имеется значительная разрозненность данных, касающихся элементологии, требующая систематизации и регламентирования с целью увеличения пользы мониторинга для последующей разработки программ по различным направлениям деятельности.

ВЫВОДЫ

1. Дана оценка фенофона здоровых свиней породы ландрас по накоплению цинка в печени, почках, легких, селезенке и сердечной мышце. Соответствующие медианы составили: 46,0; 22,0; 19,7, 27,0 и 19,0 мг/кг. Они могут использоваться для характеристики интерьера свиней как вида и получения референтных интервалов для животных, выращиваемых на территории Западной Сибири.

2. Обнаружены различия в концентрации цинка между органами ($H = 88,485$, $df = 4$, $p < 0,0001$), между печенью и всеми остальными исследованными структурами и следующими парами: «почки – легкие», «селезенка – легкие» и «почки – миокард», «селезенка – миокард», что указывает на выборочную аккумуляцию минерала.

3. Агломеративная кластеризация выделила обособленно печень как структуру с максимальным содержанием цинка. Остальные органы объединены в кластеры каскадно. Минимальная фенотипическая дистанция характерна для группы «миокард – легкие».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Cox J., Mann M. Is proteomics the new genomics? // Cell. – 2007. – Vol. 130(3). – P. 395–398.
2. Proteomics: technologies and their applications / B. Aslam, M. Basit, M.A. Nisar [et al.] // Journal of Chromatographic Science. – 2017. – Vol. 55(2). – P. 182–196.
3. Chellan P., Sadler P.J. The elements of life and medicines // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 373(2037). – P. 20140182.
4. Епишов Ю.А. Основы молекулярной диагностики. Метабомика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 271 с.
5. Campbell A.K. Save those molecules! Molecular biodiversity and life // Journal of Applied Ecology. – 2003. – Vol. 40(2). – P. 193–203.
6. Troy D.J., Kerry J.P. Consumer perception and the role of science in the meat industry // Meat science. – 2010. – Vol. 86(1). – P. 214–226.
7. Ahmad R.S., Imran A., Hussain M.B. Nutritional composition of meat // Meat Science and Nutrition. – 2018. – Vol. 61(10.5772). – P. 61–75.
8. Babicz M., Kasprzyk A., Kropiwniec-Domańska K. Influence of the sex and type of tissue on the basic chemical composition and the content of minerals in the sirloin and offal of fattener pigs // Canadian Journal of Animal Science. – 2018. – Vol. 99(2). – P. 343–348.

9. Rooke J.A., Flockhart J.F., Sparks N.H. The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs // *The Journal of Agricultural Science*. – 2010. – Vol. 148(5). – P. 603–614.
10. Diniz W.J.S., Banerjee P., Regitano L.C.A. Cross talk between mineral metabolism and meat quality: A systems biology overview // *Physiological Genomics*. – 2019. – Vol. 51(11). – P. 529–538.
11. Stepanova M.V., Sotnikova L.F., Zaitsev S.Y. Relationships between the content of micro-and macroelements in animal samples and diseases of different etiologies // *Animals*. – 2023. – Vol. 13(5). – P. 852.
12. Vasak M., Hasler D.W. Metallothioneins: new functional and structural insights // *Current Opinion in Chemical Biology*. – 2000. – Vol. 4(2). – P. 177–183.
13. Maret W. Zinc biochemistry: from a single zinc enzyme to a key element of life // *Advances in Nutrition*. – 2013. – Vol. 4(1). – P. 82–91.
14. Zinc and human health: an update / C.T. Chasapis, A.C. Loutsidou, C.A. Spiliopoulou, M.E. Stefanidou // *Archives of Toxicology*. – 2012. – Vol. 86. – P. 521–534.
15. Counting the zinc-proteins encoded in the human genome / C. Andreini, L. Banci, I. Bertini, A. Rosato // *Journal of Proteome Research*. – 2006. – Vol. 5(1). – P. 196–201.
16. Zinc proteome interaction network as a model to identify nutrient-affected pathways in human pathologies / G. Leoni, A. Rosato, G. Perozzi, C. Murgia // *Genes & Nutrition*. – 2014. – Vol. 9(6). – P. 1–9.
17. Vallee B.L., Falchuk K.H. The biochemical basis of zinc physiology // *Physiological reviews*. – 1993. – Vol. 73(1). – P. 79–118.
18. Tsuji P.A., Canter J.A., Rosso L.E. Trace minerals and trace elements // *Encyclopedia of food and health*, 1st edn. Caballero B, Finglas PM, Toldrá F (eds) / Oxford: Elsevier, 2016. – P. 331–338.
19. Фролова О.А., Тафеева Е.А., Бочаров Е.П. Региональные особенности содержания цинка в почве, продуктах растительного и животного происхождения // *Гигиена и санитария*. – 2017. – Т. 96(3). – С. 226–229.
20. Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration. Rome: FAO, 2007. – 37 p.
21. SNP- and haplotype-based genome-wide association studies for growth, carcass, and meat quality traits in a Duroc multigenerational population / S. Sato, Y. Uemoto, T. Kikuchi [et al.] // *BMC Genetics*. – 2016. – Vol. 17(60). – P. 1–17.
22. Зиновьева Н., Сермягин А., Костюнина О. Новая стратегия генетического совершенствования свиней // *Животноводство России*. – 2019. – № S2. – С. 15–17.
23. Черно-пестрый скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич [и др.]. – Новосибирск, 2012. – 500 с.
24. Молочная продуктивность коров-первотелок голштинской и симментальской пород в условиях Новосибирской области / А.И. Желтиков, Н.М. Костомахин, О.М. Венедиктова [и др.] // *Главный зоотехник*. – 2017. – № 2. – С. 23–30.
25. Генетические основы селекции животных / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, И.И. Гудилин [и др.]. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 448 с.
26. Генофонд скороспелой мясной породы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск, 2005. – 631 с.
27. Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск, 2012. – 579 с.
28. Зайко О.А. Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2015. – 183 с.
29. Особенности аккумуляции меди в щетине свиней различных пород / О.А. Зайко, А.В. Назаренко, И.А. Королева [и др.]. // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2021. – Т. 51(1). – С. 90–98.
30. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах / Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева [и др.]. – М.: Российская академия наук, 2018. – 290 с.
31. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, M.A. Lebedeva, A.S. Cherevko [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9(4). – P. 368–374.
32. Estimating the sample mean and standard deviation from commonly reported quantiles in meta-analysis / S. McGrath, X. Zhao, R. Steele [et al.] // *Statistical methods in medical research*. – 2020. – Vol. 29(9). – P. 2520–2537.
33. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2018. – Vol. 45(4). – P. 866–871.
34. 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(12). – P. 716.
35. Способ определения содержания марганца в печени свиней: пат. RU 2791231 C1 Рос. Федерация. № 2022109749 / Зайко О.А., Назаренко А.В., Коновалова Т.В. [и др.]; заявл. 11.04.2022; опубл. 06.03.2023, Бюл. № 7. – 8 с.
36. Способ определения уровня цинка в почках свиней: пат. RU 2761031 C1 Рос. Федерация. № 2021101423 / Зайко О.А., Назаренко А.В., Себежко О.И. [и др.]; заявл. 22.01.2021, опубл. 02.12.2021, Бюл. № 34. – 6 с.

37. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота: пат. RU25911825 C1 Рос. Федерация. № 2015116391/15 / Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.]; заявл. 29.04.2015, опубл. 20.07.2016, Бюл. № 20. – 5 с.
38. Способ определения концентрации свинца в легких крупного рогатого скота: пат. RU 2602915 C1 Рос. Федерация. № 2015130994/15 / Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Нарожных К.Н. [и др.]; заявл. 24.07.2015; опубл. 20.11.2016, Бюл. № 32. – 6 с.
39. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / O.I. Sebezko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, № 9. – P. 1530–1535.
40. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементология – новый термин или новое научное направление? // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № S2–2. – С. 4–8.
41. Георгиевский В.И., Анненков Б.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных. – М.: Колос, 1979. – 471 с.
42. Brown K.H., Wuehler S.E., Pearson J.M. The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency // Food and Nutrition Bulletin. – 2001. – Vol. 22(2). – P. 113–125.
43. Effect of weaning and in-feed high doses of zinc oxide on zinc levels in different body compartments of piglets / R. Davin, E.G. Manzanilla, K.C. Klasing, J.F. Pérez // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2013. – Vol. 97. – P. 6–12.
44. The content of selected minerals determined in the liver, kidney and meat of pigs / K. Stasiak, A. Roślewska, M. Stanek [et al.] // Journal of Elementology. – 2017. – Vol. 22(4). – P. 1475–1483.
45. Trace mineral status and toxic metal accumulation in extensive and intensive pigs in NW Spain / M. López-Alonso, M. García-Vaquero, J.L. Benedito [et al.] // Livestock Science. – 2012. – Vol. 146(1). – P. 47–53.
46. Puls R. Mineral levels in animal health: diagnostic data. – 1994. – Clearbrook, 356 p.
47. Burrough E.R., De Mille C., Gabler N.K. Zinc overload in weaned pigs: Tissue accumulation, pathology, and growth impacts // Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. – 2019. – Vol. 31(4). – P. 537–545.
48. Black R.E. Zinc deficiency, infectious disease and mortality in the developing world // The Journal of Nutrition. – 2003. – Vol. 133(5). – P. 1485S–1489S.
49. Zinc: the metal of life / K. Kaur, R. Gupta, S.A. Saraf, S.K. Saraf // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2014. – Vol. 13(4). – P. 358–376.
50. Erdman Jr.J.W., Macdonald I.A., Zeisel S.H. (ed.) Present knowledge in nutrition. – Ames: Wiley-Blackwell, 2012. – 1328 p.
51. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. – Washington: National Academies Press, 2001. – 800 p.
52. Влияние генофонда породы на содержание и изменчивость меди в печени свиней / А.В. Назаренко, О.А. Зайко, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 3(68). – С. 262–271.
53. Особенности аккумуляции и изменчивости меди в скелетной мускулатуре свиней различных пород / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Свиноводство. – 2023. – № 7. – С. 39–41.

REFERENCES

1. Cox J., Mann M., Is proteomics the new genomics? *Cell*, 2007, Vol. 130(3), pp. 395–398.
2. Aslam B., Basit M., Nisar M.A. [et al.], Proteomics: technologies and their applications, *Journal of chromatographic science*, 2017, Vol. 55(2), pp. 182–196.
3. Chellan P., Sadler P.J., The elements of life and medicines, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2015, Vol. 373(2037), pp. 20140182.
4. Ershov Yu.A., *Osnovy molekulyarnoi diagnostiki. Metabolomika* (Fundamentals of molecular diagnostics. Metabolomics), Moscow: GEOTAR-Media, 2016, 271 p. (In Russ.)
5. Campbell A.K., Save those molecules! Molecular biodiversity and life, *Journal of Applied Ecology*, 2003, Vol. 40(2), pp. 193–203.
6. Troy D.J., Kerry J.P., Consumer perception and the role of science in the meat industry, *Meat Science*, 2010, Vol. 86(1), pp. 214–226.
7. Ahmad R.S., Imran A., Hussain M.B., Nutritional composition of meat, *Meat Science and Nutrition*, 2018, Vol. 61(10.5772), P. 61–75.
8. Babicz M., Kasprzyk A., Kropiwek-Domańska K., Influence of the sex and type of tissue on the basic chemical composition and the content of minerals in the sirloin and offal of fatter pigs, *Canadian Journal of Animal Science*, 2018, Vol. 99(2), pp. 343–348.
9. Rooke J.A., Flockhart J.F., Sparks N.H., The potential for increasing the concentrations of micro-nutrients relevant to human nutrition in meat, milk and eggs, *The Journal of Agricultural Science*, 2010, Vol. 148(5), pp. 603–614.

10. Diniz W.J.S., Banerjee P., Regitano L.C.A., Cross talk between mineral metabolism and meat quality: A systems biology overview, *Physiological Genomics*, 2019, Vol. 51(11), pp. 529–538.
11. Stepanova M.V., Sotnikova L.F., Zaitsev S.Y., Relationships between the content of micro-and macroelements in animal samples and diseases of different etiologies, *Animals*, 2023, Vol. 13(5), pp. 852.
12. Vasak M., Hasler D.W., Metallothioneins: new functional and structural insights, *Current Opinion in Chemical Biology*, 2000, Vol. 4(2), pp. 177–183.
13. Maret W., Zinc biochemistry: from a single zinc enzyme to a key element of life, *Advances in Nutrition*, 2013, Vol. 4(1), pp. 82–91.
14. Chasapis C.T., Loutsidou A.C., Spiliopoulou C.A., Stefanidou M.E., Zinc and human health: an update, *Archives of Toxicology*, 2012, Vol. 86, pp. 521–534.
15. Andreini C., Banci L., Bertini I., Rosato A., Counting the zinc-proteins encoded in the human genome, *Journal of Proteome Research*, 2006, Vol. 5(1), pp. 196–201.
16. Leoni G., Rosato A., Perozzi G., Murgia C., Zinc proteome interaction network as a model to identify nutrient-affected pathways in human pathologies, *Genes & Nutrition*, 2014, Vol. 9(6), pp. 1–9.
17. Vallee B.L., Falchuk K.H., The biochemical basis of zinc physiology, *Physiological reviews*, 1993, Vol. 73(1), pp. 79–118.
18. Tsuji P.A., Canter J.A., Rosso L.E., Trace minerals and trace elements, *Encyclopedia of food and health*, 1st edn. Caballero B., Finglas PM, Toldrá F (eds), Oxford, Elsevier, 2016, pp. 331–338.
19. Frolova O.A., Tafeeva E.A., Bocharov E.P., *Gigiena i sanitariya*, 2017, Vol. 96(3), pp. 226–229. (In Russ.)
20. Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration, Rome, FAO, 2007, 37 p.
21. Sato S., Uemoto Y., Kikuchi T. [et al.], SNP- and haplotype-based genome-wide association studies for growth, carcass, and meat quality traits in a Duroc multigenerational population, *BMC Genetics*, 2016, Vol. 17(60), pp. 1–17.
22. Zinov'eva N., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2019, No. S2, pp. 15–17. (In Russ.)
23. Zheltikov A.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [i dr.], *Cherno-pestryi skot Sibiri* (Black-and-white cattle of Siberia), Novosibirsk, 2012, 500 p. (In Russ.)
24. Zheltikov A.I., Kostomakhin N.M., Venediktova O.M. [i dr.], *Glavnyi zootekhnika*, 2017, No. 2, pp. 23–30. (In Russ.)
25. Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I. [i dr.], *Geneticheskie osnovy seleksii zhivotnykh* (The genetic basis of animal breeding), Moscow: Rosagropromizdat, 1989, 448 p. (In Russ.)
26. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I. [i dr.], *Genofond skorospeloi myasnoi porody svinei* (Gene pool of precocious meat breed of pigs), Novosibirsk, 2005, 631 p. (In Russ.)
27. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I. [i dr.], *Genofond i fenofond sibirskoi severnoi porody i cherno-pestroi porodnoi gruppy svinei* (Gene pool and phenofund of Siberian Northern breed and black-and-white breed group of pigs), Novosibirsk, 2012, 579 p. (In Russ.)
28. Zajko O.A., *Izmenchivost' i korrelyatsii khimicheskikh elementov v organakh i tkanyakh svinej skorospeloi myasnoi 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, 2015, 183 p. (In Russ.)
29. Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Koroleva I.A. [i dr.], *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2021, No. 51(1), pp. 90–98. (In Russ.)
30. Nekrasova R.V., Golovina A.V., Makhaeva E.A. [i dr.], *Normy potrebnosti molochnogo skota i svinei v pitatel'nykh veshchestvakh* (Standards requirements of dairy cattle and pigs in nutrients), Moscow: Rossiiskaya akademiya nauk, 2018, 290 p. (In Russ.)
31. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S. [et al.], Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9(4), pp. 368–374.
32. McGrath S., Zhao X., Steele R. [et al.], Estimating the sample mean and standard deviation from commonly reported quantiles in meta-analysis, *Statistical Methods in Medical Research*, 2020, Vol. 29(9), pp. 2520–2537.
33. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I. [et al.], Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2018, Vol. 45(4), pp. 866–871.
34. 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(12), pp. 716.
35. *Sposob opredeleniya soderzhaniya margantsa v pecheni sviney*: pat. RU 2791231 S1 Ros. Federatsiya. № 2022109749, Zayko O.A., Nazarenko A.V., Konovalova T.V. [i dr.]; zayavl. 11.04.2022; opubl. 06.03.2023, Byul. No. 7, 8 p. (In Russ.)
36. *Sposob opredeleniya urovnya tsinka v pochkakh sviney*: pat. RU 2761031 S1 Ros. Federatsiya. № 2021101423, Zayko O.A., Nazarenko A.V., Sebezhko O.I. [i dr.]; zayavl. 22.01.2021, opubl. 02.12.2021, Byul. No. 34, 6 p. (In Russ.)

37. *Sposob opredeleniya sodержaniya kadmiya v pecheni krupnogo rogatogo skota*: pat. RU25911825 S1 Ros. Federatsiya. № 2015116391/15, Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [i dr.]; zayavl. 29.04.2015, opubl. 20.07.2016, Byul. No. 20, 5 p. (In Russ.)
38. *Sposob opredeleniya kontsentratsii svintsa v legkikh krupnogo rogatogo skota*: pat. RU 2602915 S1 Ros. Federatsiya. № 2015130994/15, Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N. [i dr.]; zayavl. 24.07.2015; opubl. 20.11.2016, Byul. No. 32, 6 p. (In Russ.)
39. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I. [et al.], Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 9, pp. 1530–1535.
40. Skal'nyi A.V., Rudakov I.A., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, No. S2-2, pp. 4–8. (In Russ.)
41. Georgievskii V.I., Annenkov B.N., Samokhin V.T., *Mineral'noe pitanie zhivotnykh* (Mineral nutrition of animals), Moscow: Kolos, 1979, 471 p. (In Russ.)
42. Brown K.H., Wuehler S.E., Peerson J.M., The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency, *Food and Nutrition Bulletin*, 2001, Vol. 22(2), pp. 113–125.
43. Davin R., Manzanilla E.G., Klasing, K.C., Pérez J.F., Effect of weaning and in feed high doses of zinc oxide on zinc levels in different body compartments of piglets, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2013, Vol. 97, pp. 6–12.
44. Stasiak K., Roślewska A., Stanek M. [et al.], The content of selected minerals determined in the liver, kidney and meat of pigs, *Journal of Elementology*, 2017, Vol. 22(4), pp. 1475–1483.
45. López-Alonso M., García-Vaquero M., Benedito J.L. [et al.], Trace mineral status and toxic metal accumulation in extensive and intensive pigs in NW Spain, *Livestock Science*, 2012, Vol. 146(1), pp. 47–53.
46. Puls R., Mineral levels in animal health: diagnostic data, 1994, Clearbrook, 356 p.
47. Burrough E.R., De Mille C., Gabler N.K., Zinc overload in weaned pigs: Tissue accumulation, pathology, and growth impacts, *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 2019, Vol. 31(4), pp. 537–545.
48. Black R.E., Zinc deficiency, infectious disease and mortality in the developing world, *The Journal of Nutrition*, 2003, Vol. 133(5), pp. 1485S–1489S.
49. Kaur K., Gupta R., Saraf S.A., Saraf S.K., Zinc: the metal of life, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, Vol. 13(4), pp. 358–376.
50. Erdman Jr.J.W., Macdonald I.A., Zeisel S.H. (ed.), *Present knowledge in nutrition*, Ames: Wiley-Blackwell, 2012, 1328 p.
51. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc, Washington: National Academies Press, 2001, 800 p.
52. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 3(68), pp. 262–271. (In Russ.)
53. Zaiko O.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. [i dr.], *Svinovodstvo*, 2023, No. 7, pp. 39–41. (In Russ.)

Информация об авторах:

О.А. Зайко, кандидат биологических наук
 Т.В. Коновалова, старший преподаватель
 О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор
 В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор
 О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

O.A. Zaiko, Ph.D. in Biological Sciences
 T.V. Konovalova, Senior Lecturer
 O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor
 V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor
 O.I. Sebezhko, PhD of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ИНВАЗИОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ГЕЛЬМИНТОВ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ПОЧВ И ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РАЙОНЕ ГОРЫ ЭЛЬБРУС

С.Ш. Кабардиев, А.М. Биттиров, Б.И. Шапиев, К.А. Карпущенко

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан», Махачкала, Россия

E-mail: pznivi05@mail.ru

Для цитирования: Загрязненность инвазионными элементами гельминтов водных ресурсов, почв и объектов инфраструктуры в районе горы Эльбрус / С.Ш. Кабардиев, А.М. Биттиров, Б.И. Шапиев, К.А. Карпущенко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 163–169. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-163-169.

Ключевые слова: Приэльбрусье, среда обитания, р. Баксан, притоки, почва, курортный комплекс, санитарно-гигиеническая оценка, инвазия, яйца гельминтов, загрязнение.

Реферат. Увеличение численности сельскохозяйственных и домашних животных, живущих с человеком, приводит к неуправляемому загрязнению окружающей среды фекалиями. В Российской Федерации гельминтозные инвазии животных и людей стали распространенными и вызывают серьезные проблемы. В регионах Северо-Кавказского федерального округа, включая Кабардино-Балкарскую Республику, наблюдается ухудшение санитарно-гигиенического состояния почвы и водных объектов из-за паразитарных инвазий. Исследования проводились в период с 2020 по 2023 г. Были определены индексы санитарного загрязнения воды яйцами трематод, цестод и нематод в девяти притоках реки Баксан, а также загрязненность почвы яйцами гельминтов на территориях девяти объектов курортно-рекреационного комплекса с использованием стандартных методов согласно МУ № 1440-76. Исследована 1 000 проб воды и 700 проб почвы. Анализ показал уровень санитарного загрязнения воды реки Баксан и почвы яйцами паразитов, представляющий угрозу для человека и животных. Пробы почвы притоков реки Баксан были загрязнены на 45–100 %, а пробы воды – на 59,4–100 %, что свидетельствует о потенциальной опасности инвазий. На территориях курортно-рекреационного комплекса санитарное загрязнение почвы яйцами паразитов было минимальным. Впервые проведены экологически обоснованные исследования и определены индексы санитарного загрязнения воды яйцами трематод, цестод и нематод в девяти притоках реки Баксан, а также загрязненность почвы яйцами гельминтов на территориях девяти объектов курортно-рекреационного комплекса. Полученные результаты исследований могут быть использованы медицинскими службами Роспотребнадзора, Росприроднадзора, Минприроды и экологии при разработке нормативно-правовых документов по охране окружающей среды и ресурсов от паразитарного загрязнения. Установлено, что уровень санитарного загрязнения проб почвы и воды характеризуются ежегодным ростом индекса загрязненности этих объектов яйцами гельминтов по всем притокам (Адыл-Су, Ирик; Кыртык, Адыр-Су, Тютю-Су, Камык-Су, Герхожан-Су, Гижгит, Кестанты). В пределах Кабардино-Балкарской Республики зараженность почв яйцами трематод составляет 45–100 %; яйцами цестод 68–100 %; яйцами нематод 100 %, зараженность проб воды соответственно 59,4–100, 68,0–100 и 100 %

CONTAMINATION OF WATER RESOURCES, SOILS AND INFRASTRUCTURE OBJECTS IN THE AREA OF ELBRUS MOUNTAIN BY HELMINTH INFESTATION ELEMENTS

S.Sh. Kabardiev, A.M. Bittirov, B.I. Shapiev, K.A. Karpushchenko

Caspian Zonal Veterinary Research Institute - Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan", Makhachkala, Russia

E-mail: pznivi05@mail.ru

Keywords: Elbrus region, habitat, Baksan river, tributaries, soil, resort complex, sanitary-hygienic assessment, invasion, helminth eggs, pollution.

Abstracts. *The increase in the number of farm and domestic animals living with humans leads to uncontrolled pollution of the environment with faeces. In the Russian Federation, helminth infestations of animals and humans have become widespread and cause serious problems. In the regions of the North Caucasus Federal District, including the Kabardino-Balkar Republic, there is a deterioration in the sanitary and hygienic condition of soil and water bodies due to parasitic infestations. The research was conducted in the period from 2020 to 2023. Indices of sanitary contamination of water with eggs of trematodes, cestodes and nematodes in 9 tributaries of the Baksan River, as well as soil contamination with helminth eggs in the territories of 9 objects of the resort-recreational complex were determined using standard methods according to MU '1440–76. 1000 water samples and 700 soil samples were analyzed. The analysis showed the level of sanitary contamination of the Baksan River water and soil with parasite eggs, posing a threat to humans and animals. Soil samples of the Baksan River tributaries were contaminated by 45–100 %, and water samples by 59.4–100 %, which indicates the potential danger of infestations. On the territories of the resort and recreational complex, sanitary contamination of soil with parasite eggs was minimal. For the first time ecologically grounded researches were carried out and indices of sanitary pollution of water by eggs of trematodes, cestodes and nematodes in 9 tributaries of the Baksan river, and also pollution of soil by eggs of helminths on territories of 9 objects of resort-recreational complex were determined. It has been established that the level of sanitary pollution of soil and water samples is characterized by annual growth of the index of contamination of these objects with helminth eggs in all tributaries (Adyl-Su, Irik; Kyrtik, Adyr-Su, Tyutyu-Su, Kamyk-Su, Gerkhozhan-Su, Gizhgut, Kestanty). Within the Kabardino-Balkar Republic, the infestation of soil with trematode eggs is 45–100 %; with cestode eggs 68–100 %; with nematode eggs 100 % and water samples, respectively, 59.4–100, 68.0–100 and 100 %.*

Известно, что паразитарные инвазии распространяются через санитарное загрязнение окружающей среды, включая водоемы и почву, яйцами различных паразитов, таких как трематоды, цестоды, нематоды. Источниками и переносчиками этих паразитов являются необработанные сельскохозяйственные животные, собаки, дикие хищники, грызуны и человек [1–5].

Увеличение численности сельскохозяйственных и домашних животных, живущих с человеком, приводит к неуправляемому загрязнению окружающей среды фекалиями. В Российской Федерации гельминтозные инвазии животных и людей стали распространенными и вызывают серьезные проблемы. В регионах Северо-Кавказского федерального округа, включая Кабардино-Балкарскую Республику, наблюдается ухудшение санитарно-гигиенического состояния почвы и водных объектов из-за паразитарных инвазий [6–10].

Исследования показывают высокую обсемененность почвы и воды яйцами паразитов на планетарном уровне. Только в США численность бродячих собак составляет 47 млн, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды фекалиями и яйцами паразитов [11–15]. Многие авторы связывают увеличение заболеваемости животных паразитарными заболеваниями с ухудшением санитарного состояния водных объектов и территорий отдыха. Глобальное загрязнение инвазионными элементами паразитов представляет серьезную угрозу для населения и животного мира. В регионах России почти все почвы и стоки загрязнены яйцами гельминтов [16–19].

Проблема санитарного загрязнения водоемов Кабардино-Балкарии яйцами паразитов недостаточно изучена, поэтому определение загрязнения реки Баксан и девяти ее притоков (Адыл-Су, Ирик, Кыртык, Адыр-Су, Тютю-Су, Камык-Су, Герхожан-Су, Гижгит, Кестанты), а также почвы девяти объектов курортно-рекреационного комплекса Приэльбрусья в Кабардино-Балкарии инвазивными элементами гельминтов (яйцами и личинками) и установления показателей санитарного загрязнения проб почвы, воды яйцами трематод, цестод и нематод в прибрежных участках р. Баксан и девяти притоков (Адыл-Су, Ирик, Кыртык, Адыр-Су, Тютю-Су, Камык-Су, Герхожан-Су, Гижгит, Кестанты) является актуальной задачей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2023 гг. в Кабардино-Балкарии с целью изучения загрязнения реки Баксан и девяти ее притоков (Адыл-Су, Ирик, Кыртык, Адыр-Су, Тютю-Су, Камык-Су, Герхожан-Су, Гижгит, Кестанты), а также почвы девяти объектов курортно-рекреационного комплекса Приэльбрусья инвазивными элементами гельминтов (яйцами и личинками). Объектом исследования служили пробы почв и воды. Для анализа использовались рекомендованные в паразитологии методы, применяемые к пробам фекалий, почвы и воды в соответствии с методическими указаниями Паразитологические методы лабораторной диагностики гельминтозов (МУК 4.2.735–99).

Были рассчитаны индексы встречаемости и обилия гельминтов, а также индекс санитарного обсеменения воды и почвы яйцами трематод, цестод и нематод. Основные индексы были проанализированы с использованием методик, указанных в таких нормативных документах, как Методы санитарно-паразитологических исследований. МУК 4.2.2661–10 (2010) и Исследование почвы на яйца гельминтов.

Исследована 1 000 проб воды и 700 проб почвы в соответствии с МУ № 1440-76 Методические указания по гельминтологическому исследованию объектов внешней среды и санитарным мерам по охране от загрязнения яйцами гельминтов и обезвреживанию почвы, воды, стоков и предметов обихода.

Полученные результаты были статистически обработаны с использованием метода Н.А. Плохинского¹ и программы Microsoft Excel. Результаты количественного анализа были представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Для оценки статистической значимости различий между выборками использовался t -критерий Стьюдента, при этом различия считались статистически значимыми при значении $p < 0,05$. Для оценки линейной зависимости рассчитывался коэффициент корреляции Пирсона (r) по шкале Чеддока и Голубкова.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенными исследованиями установлено, что показатели санитарного загрязнения проб почвы и воды характеризуются ежегодным ростом индекса загрязненности этих объектов яйцами трематод, цестод и нематод по всем притокам (Адыл-Су, Ирик, Кыртык, Адыр-Су, Тютю-Су, Камык-Су, Герхожан-Су, Гижгит, Кестанты) в пределах Кабардино-Балкарской Республики (рис. 1, 2).

Установили, что отель «Байдаево» (пос. Байдаевка), отель «Эльбрус», альплагерь «Андырчи», отель «Чегет», отель «Снежный Барс», гостиница «Озон», отель «Ит-кол», отель «Юсенги», отель «Азау-Вертикаль» оказались благополучными в отношении загрязнения инвазивными элементами гельминтов (рис. 3).

Уровень индекса санитарного загрязнения в участках отбора проб почвы в местах впадения в р. Баксан ее притоков составил: яйцами трематод – 45–100 %; яйцами цестод – 68–100 %; яйцами нематод – 100 % проб (табл. 1), загрязнения проб воды соответственно 59,4–100, 68,0–100 и 100 % (табл. 2).

Таблица 1

Показатели санитарного загрязнения проб почвы яйцами трематод, цестод и нематод в прибрежных участках р. Баксан и девяти ее притоков в 2020–2023 гг.

Indicators of sanitary contamination of soil samples with eggs of trematodes, cestodes and nematodes in the coastal areas of the Baksan River and 9 tributaries in 2020–2023.

Показатель	Притоки реки Баксан								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Яйца трематод, %	45	57	64	72	86	95	100	100	100
Яйца цестод, %	68	79	88	93	100	100	100	100	100
Яйца нематод, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100

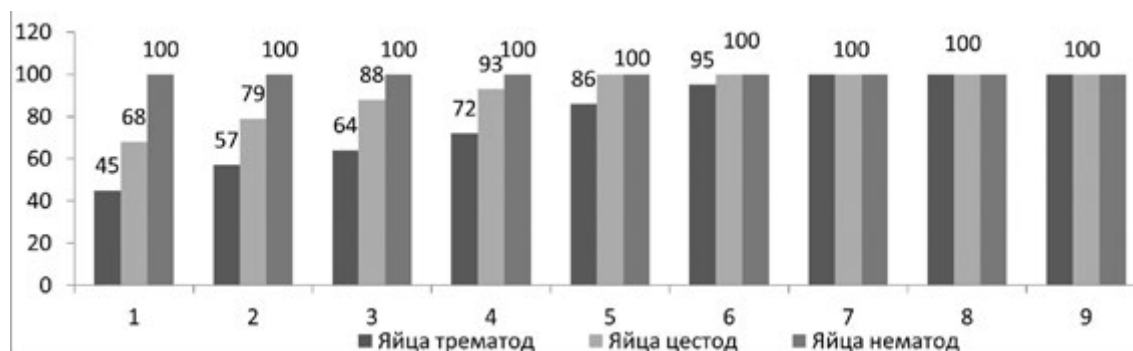


Рис. 1. Показатели санитарного загрязнения проб почвы яйцами гельминтов р. Баксан и девяти притоков в 2020–2023 гг.

Indicators of sanitary contamination of soil samples with helminth eggs of the Baksan River and 9 tributaries in 2020–2023

1 Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 367 с.

Таблица 2

Показатели санитарного загрязнения проб воды яйцами мигельминтов
р. Баксан и девяти ее притоков в 2020–2023 гг.
Indicators of sanitary contamination of water samples with helminth eggs
of the Baksan River and 9 tributaries in 2020–2023.

Показатель	Притоки реки Баксан								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Яйца трематод, %	59,4	62,6	77,5	86	93,4	100	100	100	100
Яйца цестод, %	76,3	83,9	92,2	100	100	100	100	100	100
Яйца нематод, %	65,7	79,5	86	94,6	100	100	100	100	100

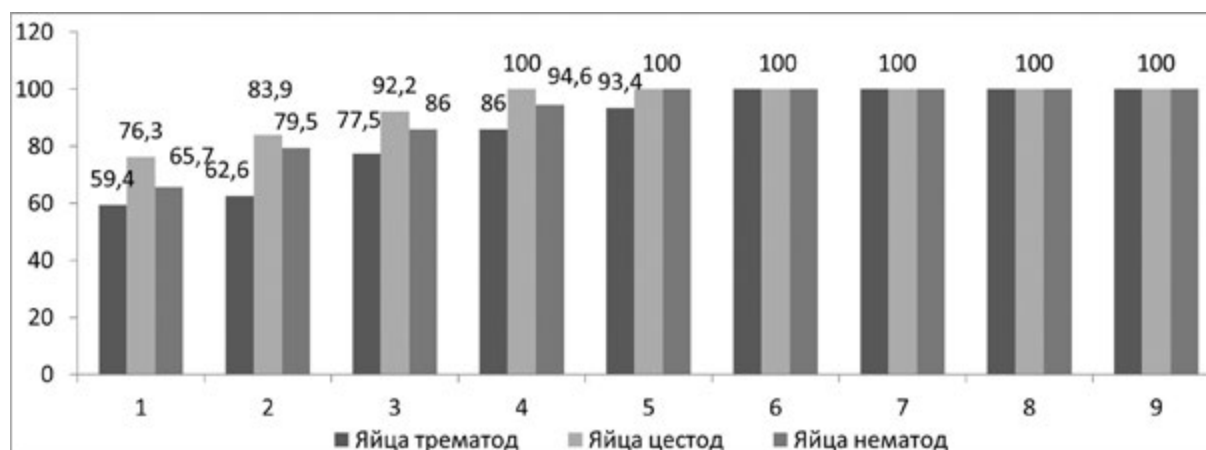


Рис. 2. Показатели санитарного загрязнения проб воды яйцами гельминтов
р. Баксан и девяти притоков в 2020–2023 гг.

Indicators of sanitary contamination of water samples with helminth eggs
of the Baksan River and 9 tributaries in 2020–2023

Санитарное загрязнение яйцами трематод, цестод и нематод проб почвы отеля «Эльбрус», альплагеря «Андырчи», отеля «Чегет», отеля «Снежный Барс», гостиницы «Озон», отеля «Ит-кол», отеля «Юсенги», отеля «Азау-Вертикаль»

в 2020–2023 гг. были минимальными в результате своевременного проведения профилактических противопаразитарных мероприятий на местах (см. рис. 3).

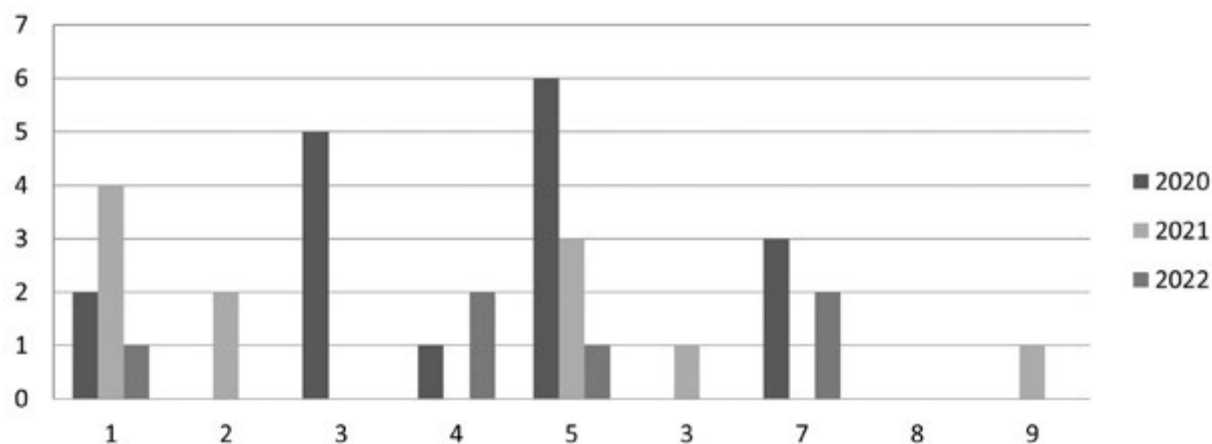


Рис. 3. Показатели санитарного загрязнения проб почв яйцами гельминтов территории курортно-рекреационного комплекса в Приэльбрусье в 2020–2023 гг.

Indicators of sanitary contamination of soil samples with helminth eggs of the territory
of the resort and recreational complex in the Elbrus region in 2020–2023.

Как видно из табл. 3, территории курортно-рекреационного комплекса в Приэльбрусье в 86–

100 % случаев были свободны яиц от трематод, цестод и нематод, в том числе и от яиц тениид.

Таблица 3

Показатели санитарного загрязнения яйцами гельминтов территории курортно-рекреационного комплекса в Приэльбрусье в 2020–2023 гг.

Indicators of sanitary contamination by helminth eggs in the territory of the resort and recreational complex in Elbrus in 2020–2023.

Годы	Объекты курортно-рекреационного комплекса в Приэльбрусье								
	1	2	3	4	5	3	7	8	9
2020	2	0	5	1	6	0	3	0	0
2021	4	2	0	0	3	1	0	0	1
2022	1	0	0	2	1	0	2	0	0

Водоемы в регионах РФ становятся одним из основных источников санитарного загрязнения яйцами паразитов, представляя угрозу для животных и людей. Наши данные подтверждают необходимость разработки основ санитарной паразитологии, программ мониторинга зоонозных инвазий в южных регионах РФ и использования их при разработке нормативных документов по охране окружающей среды и водных ресурсов от паразитарного загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. Анализ исследований показал уровень санитарного загрязнения реки Баксан инва-

зивными элементами гельминтов в местах впадения притоков. Санитарное состояние почвы в отелях и гостиницах в 2020–2023 гг. было минимальным благодаря проведению профилактических мероприятий.

2. Проведенные исследования указывают на необходимость разработки системы мер борьбы с включением мониторинговых программ зоонозных инвазий в регионах РФ с дальнейшей разработкой нормативных документов по охране окружающей среды и водных ресурсов на эксклюзивных территориях региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биттиров А.М. Паразитарные зоонозы как проблема санитарии и гигиены в мире и в Российской Федерации // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97, № 3. – С. 208–212.
2. ВОЗ. Центр СМИ. Гельминтные инфекции, передаваемые через почву // Информационный бюллетень № 366. Май 2014. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs366/ru/> (дата обращения: 10.12.2024).
3. Газаева А.А., Биттирова А.А. Эпидемическая оценка токсокароза среди мигрантов в Кабардино-Балкарии // Актуальные вопросы научного обеспечения профилактики паразитарных болезней. Махачкала, 21–22 июня 2016 г.: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Махачкала, 2016. – С. 67–72.
4. Эльдарова Л.Х., Мусаев З.Г. Общность и количество видов гельминтов человека и животных в регионе Северного Кавказа // Аграрная Россия. – 2015. – № 12. – С. 40–41.
5. Газаева А.А., Биттиров А.М., Мусаев З.Г. Гельминтоценозы человека и животных Северного Кавказа // Ветеринария Кубани. – 2017. – № 4. – С. 53–55.
6. Эпидемиологический анализ эхинококкоза человека в регионе Северного Кавказа / А.С. Вологиров, А.А. Алиева, Р.К. Кадырова [и др.] // Теория и практика борьбы с инфекто-паразитарными болезнями животных и птиц: сб. науч.-исслед. мат-лов межрегион. семинара-совещания. – Махачкала, 2016. – С. 78–81.
7. Экологическая эпидемиологическая, эпизоотологическая и санитарно-гигиеническая оценка эхинококкоза человека и животных в Северо-Кавказском регионе / М.Р. Аркелова, З.Т. Гогушев, И.А. Биттиров [и др.] // Гигиена и санитария. – 2023. – № 102(6). – С. 556–560.
8. Эпидемиологические и эпизоотологические особенности гидатидозного эхинококкоза в Карачаево-Черкесской Республике / К.Х. Болатчиев, М.Б. Узденов, С.А. Нагорный [и др.] // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: мат-лы докл. междунар. науч. конф. Москва, 15–17 мая 2019 г. / ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. – М., 2019. – Вып. 20. – С. 141–145.

9. *Variability in the chemistry of private drinking water supplies and the impact of domestic treatment systems on water quality* / E.L. Ander, M.J. Watts, P.L. Smedley [et al.] // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2016. – No 38 (6). – P. 1313–1332.
10. *Gurian PL, Robinson LF, Rai AI. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. Environmental Health Perspectives*. – 2017. – No 125 (8), – P. 086003.
11. *European Centre for Prevention and Control (ECDC) Epidemiological Update West Nile Virus Transmission Season in Europe*. 2018. URL: <https://ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-west-nilevirus-transmission-season-europe-2018> (April 29, 2019).
12. *Nagorny S., Ermakova L., Pshenichnaya N. Clinical and laboratory features of human dirofilariasis in Russia* // *ID-Cases*. – 2017, No 9. – P. 112–115. – DOI: 10.1016/j.idcr.2017.07.006.
13. *Global risk of deadly heat* / C. Mora, B. Dousset, I.R. Caldwell [et al.] // *Nat Clim Change*. – 2017. – No 7. – P. 501–506. – DOI: 10.1038/nclimate3322.
14. *Crimean-Congo hemorrhagic fever in pregnancy: A systematic review and case series from Russia, Kazakhstan and Turkey* / N.Y. Pshenichnaya, H. Leblebicioglu, I. Bozkurt [et al.] // *Int J Infect Dis*. – 2017. – No 58. – P. 58–64.
15. *SESA – Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal. Estadísticas anuales de control epidemiológico*. Quito, 2003. – 90 p.
16. *Kioutsoukis I., Stilianakis N.I. Assessment of West Nile virus transmission risk from a weather-dependent epidemiological model and a global sensitivity analysis framework. Acta Trop*. – 2019. – No 193. – P. 129–141.
17. *Bruch A.A., Маскам А.А., Fain A. Epidemiology of Roli – Parasitism* // *Trop. Med. Parasit*. – 2018. – Vol. 36, No 4. – P. 64–72.
18. *Judge D.M., Kemmerer S.W. Echinococcus granulosus, Toxocara canis, Ancylostoma caninum и Uncinaria stenocephala* Rail, 1884; Raileiet, 1885 of canis // *Parasit. Pesbs. And. Amsterdam*. – 2019. – P. 123–133.
19. *Keldora K.G. The control of hydatid Echinococcus granulosus disease Tasmania* // *J. Australian Veter*. – 2018. – Vol. 44, № 5. – P. 212–217.

REFERENCES

1. Bittirov A.M., *Gigiena i sanitariya*, 2018, T. 97, No. 3, pp. 208–212. (In Russ.)
2. *Informatsionnyy byulleten' No. 366*, May 2014, URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs366/ru/> (data obrashcheniya: 10.12.2024). (In Russ.)
3. *Gazaeva A.A., Bittirova A.A., Aktual'nye voprosy nauchnogo obespecheniya profilaktiki parazitarnykh bolezney* (Current issues of scientific support for the prevention of parasitic diseases), Proceedings of the Conference Title, Makhachkala, 2016, pp. 67–72. (In Russ.)
4. *El'darova L.Kh., Musaev Z.G., Agrarnaya Rossiya*, 2015, No. 12, pp. 40–41. (In Russ.)
5. *Gazaeva A.A., Bittirov A.M., Musaev Z.G., Veterinariya Kubani*, 2017, No. 4, pp. 53–55. (In Russ.)
6. *Vologirov A.S., Alieva A.A., Kadyrova R.K. [i dr.], Teoriya i praktika bor'by s infekto-parazitarnymi boleznyami zhivotnykh i ptits* (Epidemiological analysis of human echinococcosis in the North Caucasus region), Proceedings of the Conference Title, Makhachkala, 2016, pp. 78–81. (In Russ.)
7. *Arkelova M.R., Gogushev Z.T., Bittirov I.A., Bolatchiev K.Kh., Bittirov A.M., Gigiena i sanitariya*, 2023, No. 102(6), pp. 556–560. (In Russ.)
8. *Bolatchiev K.Kh., Uzdenov M.B., Nagornyy S.A. [i dr.], Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami* (Theory and practice of combating parasitic diseases), Proceedings of the Conference Title, Moscow, 2019, Vyp. 20, pp. 141–145. (In Russ.)
9. *Ander E.L., Watts M.J., Smedley P.L. [et al.], Variability in the chemistry of private drinking water supplies and the impact of domestic treatment systems on water quality, Environmental Geochemistry and Health*, 2016, No. 38 (6), pp. 1313–1332.
10. *Gurian PL, Robinson LF, Rai AI., Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness, Environmental Health Perspectives*, 2017, No. 125 (8), pp. 086003.
11. *European Centre for Prevention and Control (ECDC) Epidemiological Update West Nile Virus Transmission Season in Europe*, 2018: <https://ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-west-nilevirus-transmission-season-europe-2018> (April 29, 2019).
12. *Nagorny S., Ermakova L., Pshenichnaya N., Clinical and laboratory features of human dirofilariasis in Russia, ID-Cases*, 2017, No. 9, pp. 112–115, DOI: 10.1016/j.idcr.2017.07.006.
13. *Mora C., Dousset B., Caldwell I.R., Powell F.E., Geronimo R.C., Bielecki C.R. et al., Global risk of deadly heat, Nat Clim Change*, 2017, No. 7, pp. 501–506, DOI: 10.1038/nclimate3322.
14. *Pshenichnaya N.Y., Leblebicioglu H., Bozkurt I., Sannikova I.V., Abuova G.N., Zhuravlev A.S. et al., Crimean-Congo hemorrhagic fever in pregnancy: A systematic review and case series from Russia, Kazakhstan and Turkey, Int J Infect Dis.*, 2017, No. 58, pp. 58–64.
15. *SESA – Servicio Ecuatoriano de Sanidad Animal. Estadísticas anuales de control epidemiológico*, Quito, 2003, 90 p.

16. Kioutsioukis I., Stilianakis N.I., Assessment of West Nile virus transmission risk from a weather-dependent epidemiological model and a global sensitivity analysis framework, *Acta Trop*, 2019, No. 193, pp. 129–141.
17. Bruch A.A., Maskam A.A., Fain A., Epidemiology of Roli – Parasitism, *Trop. Med. Parasit.*, 2018, Vol. 36, No. 4, pp. 64–72.
18. Judge D.M., Kemmerer S.W., Echinococcus granulosus, Tokhosaga canis, Ancylostoma caninum i Uncinaria stenocephala Rail, 1884; Raileiet, 1885 of canis, *Parasit. Pesbs. And. Amsterdam*, 2019, pp. 123–133.
19. Keldora K.G., The control of hydatid Echinococcus granulosus disease Tasmania, *J. Australian Veter*, 2018, Vol. 44, No. 5, pp. 212–217.

Информация об авторах:

С.Ш. Кабардиев, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц

А.М. Биттиров, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц

Б.И. Шапиев, кандидат химических наук, докторант

К.А. Карпушенко, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории по изучению болезней сельскохозяйственных животных незаразной этиологии

Contribution of the authors:

S.Sh. Kabardiev, Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Caspian Zonal Research Institute - branch of FGBNU "FANC RD"

A.M. Bittirov, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Caspian Zonal Research Institute - branch of FGBNU "FANZ RD"

B.I. Shapiev, Ph.D., doctoral student of the laboratory of the Caspian Zonal NIVI - branch of FGBNU "FANZ RD"

K.A. Karpushchenko, Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher of the laboratory of the Caspian Zonal NIVI - branch of FGBNU "FANZ RD"

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С РЕПРОДУКТИВНЫМИ ФУНКЦИЯМИ ЖИВОТНЫХ**Е.А. Климанова, Д.А. Александрова, Н.Н. Кочнев***Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия***E-mail:** kateri2403@mail.ru

Для цитирования: Климанова Е.А., Александрова Д.А., Кочнев Н.Н. Молекулярно-генетический анализ взаимодействия генов, ассоциированных с репродуктивными функциями животных // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 170–176. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-170-176.

Ключевые слова: гены, белок-белковые взаимодействия, сигнальные пути, фертильность, овцы.

Реферат. Данное исследование посвящено анализу взаимодействия трех генов – BMP-15 (костный морфогенетический белок 15), BMPR-IB (рецептор костного морфогенетического белка типа IB) и GDF-9 (фактор роста и дифференцировки 9) – в регуляции ключевых процессов репродуктивной функции млекопитающих. Эти гены играют ключевую роль в фолликулогенезе и овуляции, влияя на рост и развитие фолликулов, созревание яйцеклеток и синтез стероидных гормонов. Нарушения в функционировании этих генов приводят к различным репродуктивным расстройствам, включая снижение фертильности и бесплодие. Цель исследования – определить функциональные взаимосвязи между этими тремя генами и выявить их потенциальные взаимодействия с другими генами и белками с использованием открытых баз данных, дающих информацию о возможных генных и белок-белковых взаимодействиях. Исследование проводилось на примере взаимодействия данных генов у человека и овец. Анализ данных показал, что гены BMP-15, BMPR-IB и GDF-9 взаимосвязаны. Их взаимодействие образует сложную сеть сигнальных путей, регулирующих различные репродуктивные функции. Использование биоинформатических методов позволило выявить потенциальные взаимодействия этих генов с другими генами и белками, что способствует более глубокому пониманию механизмов регуляции фолликулогенеза и овуляции. Дальнейшие исследования, направленные на более детальное изучение этих взаимодействий, можно использовать при разработке новых стратегий лечения бесплодия и улучшения репродуктивных характеристик сельскохозяйственных животных. Более того, изучение их роли в других биологических процессах может раскрыть новые аспекты их функционирования и имеет важное значение, связанное с пониманием генетических механизмов формирования признаков и их проявления в онтогенезе.

MOLECULAR GENETIC ANALYSIS OF THE INTERACTION OF GENES ASSOCIATED WITH REPRODUCTIVE FUNCTIONS OF ANIMALS**E.A. Klimanova, D.A. Alexandrova, N.N. Kochnev***Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk, Russia***E-mail:** kateri2403@mail.ru

Keywords: genes, protein-protein interactions, signaling pathways, fertility, sheep.

Abstract. This study analyzes the interactions of three genes – BMP-15 (bone morphogenetic protein 15), BMPR-IB (bone morphogenetic protein receptor type IB) and GDF-9 (growth and differentiation factor 9) – in regulating key processes of mammalian reproductive function. These genes play a key role in folliculogenesis and ovulation, affecting the growth and development of follicles, maturation of eggs and the synthesis of steroid hormones. Disruptions in the functioning of these genes lead to various reproductive disorders, including decreased fertility and infertility. The aim of the study was to determine the functional relationships between these three genes and identify their potential interactions with other genes and proteins using open databases providing information on possible gene and protein-protein interactions. The study was conducted using the interaction of these genes in humans and sheep as an example. Data analysis showed that the BMP-15, BMPR-IB and GDF-9 genes are interconnected. Their interaction forms a complex network of signaling pathways that regulate various reproductive functions. The use of bioinformatics methods has made it possible to identify potential interactions of these genes with other genes and proteins, which contributes to a deeper understanding of the mechanisms of regulation of folliculogenesis and ovulation. Further studies aimed at a more detailed study of these interactions can be used

in the development of new strategies for treating infertility and improving the reproductive characteristics of farm animals. Moreover, the study of their role in other biological processes can reveal new aspects of their functioning and is of great importance associated with understanding the genetic mechanisms of the formation of traits and their manifestation in ontogenesis.

Гены BMP-15 (костный морфогенетический белок 15), BMPR-IB (рецептор кости морфогенетического белка типа IB) и GDF-9 (фактор роста и дифференцировки 9) играют ключевую роль в регуляции фолликулогенеза и овуляции у млекопитающих, в том числе у человека и сельскохозяйственных животных. Взаимодействие этих трех генов представляет собой сложную сеть сигнальных путей, влияющих на рост и развитие фолликулов, созревание яйцеклеток и продукцию стероидных гормонов [1, 2]. GDF-9 является гомодимерным белком, принадлежащим к семейству TGF- β (трансформирующий фактор роста бета). Он секретируется гранулезными клетками растущих фолликулов и связывается со своим рецептором, BMPR-IB, который экспрессируется на поверхности тех же клеток. Активация BMPR-IB приводит к запуску внутриклеточных сигнальных каскадов, регулирующих пролиферацию и дифференцировку гранулезных клеток, синтез эстрогенов и фолликулогенез в целом. Мутации в гене GDF-9 могут приводить к уменьшению числа яйцеклеток и бесплодию. BMP-15, также член семейства TGF- β , тесно взаимодействует с GDF-9 и BMPR-IB. Хотя BMP-15 может связываться с несколькими рецепторами, включая BMPR-IB, его основное действие, по-видимому, опосредовано через другие, еще не полностью идентифицированные рецепторы [3, 4]. Он усиливает эффекты GDF-9, стимулируя пролиферацию и дифференцировку гранулезных клеток, а также регуляцию стероидогенеза. В отличие от GDF-9, мутации в гене BMP-15 чаще приводят к гиперпролиферации гранулезных клеток, что может приводить к развитию кист и нарушению овуляции. Недостаток или избыток любого из этих факторов может привести к нарушению репродуктивной функции. Механизмы этого взаимодействия все еще изучаются, но можно предположить, что они включают в себя как прямые, так и непрямые взаимодействия через различные сигнальные пути [5, 6].

Кроме участия в фолликулогенезе и овуляции у млекопитающих, установлено, что полиморфизмы в данных генах связаны с рядом биохимических показателей крови у овец романовской породы [6]. Дальнейшие исследования необходимы для полного понимания механизмов взаимодействия BMP-15, BMPR-IB и GDF-9 и поиска

возможных включений данных генов в другие биологические процессы.

Целью данной работы является краткий обзор генов BMP-15, BMPR-IB, GDF-9 и их полиморфизмов, а также попытка установить с помощью известных баз данных возможные взаимодействия с другими генами и белками на примере двух видов млекопитающих: человека и овец.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Информация о структуре генов, известных полиморфизмах, их распределении в популяциях получена из открытых баз National Library of Medicine (NCBI), GeneCard, Ensembl. Данные о белковых последовательностях и функции белков – из открытой базы UniProt.

Информацию о генных и белок-белковых взаимодействиях исследуемых генов получали с помощью веб-ресурсов и баз данных GeneMania и string-db.org.

GeneMania – веб-интерфейс для создания гипотез о функции генов, анализа списков генов и определения приоритетов генов для функциональных анализов. При наличии списка запросов GeneMania расширяет список функционально схожими генами, которые она идентифицирует с использованием доступных данных геномики и протеомики. GeneMania работает на основании сотен наборов данных из GEO, BioGRID, Pathway Commons. Существенным недостатком базы является ограничение по организмам, для которых можно получить информацию: доступно шесть видов (*Arabidopsis thaliana*, *Caenorhabditis elegans*, *Drosophila melanogaster*, *Mus musculus*, *Homo sapiens* и *Saccharomyces cerevisiae*).

STRING обобщает данные, полученные из литературных данных и предсказания *de novo*. В настоящее время база данных содержит информацию о взаимодействиях более чем 9 млн белков в 2 тыс. различных организмов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фактор дифференциации роста 9

GDF-9 – это ключевой секретируемый ооцитами фактор, который необходим для начального

развития фолликулов яичников [8]. GDF-9 демонстрирует значительно более высокие уровни экспрессии ($p < 0,01$) в яичнике по сравнению с другими тканями, что указывает на то, что его экспрессия является тканеспецифичной. Механизмом тканеспецифичности можно считать метилирование сайта mC-4 CpG-островка промотора GDF-9, что оказывает влияние на связывание фактора транскрипции Sp4 с областью промотора GDF-9 у овец [9].

В исследовании Amandykova M. et al. 300 овец казахской мясо-шерстной породы экзон 1 гена GDF-9 был полиморфным и была обнаружена мутация G1 (с.260G > A) в этом гене, которая имеет связь с размером помета животных у других пород овец [10].

Помимо классической селекционной работы возможно редактирование генома животных по гену GDF-9 для получения более плодовитых особей. В исследовании Zhao Y et al. была получена sgRNA, нацеленная на гены FecB и GDF-9 у тибетской породы овец Эйлера, и сконструирован вектор для мутации отдельных оснований генов FecB и GDF-9. Эффективность редактирования целевого сайта гена FecB составила 39,13 %, а целевым сайтом гена GDF-9 была точка (G260, G721, G1184). В этом исследовании использовалась единая базовая система редактирования для достижения мутаций целевых участков генов FecB и GDF-9 в фибробластах овец Эйлера, что заложило теоретическую основу для улучшения репродуктивных качеств тибетских овец за счет увеличения числа ягнят в помете [11].

Костный морфогенетический белок 15

BMP-15, действуя отдельно или совместно с GDF-9, может модулировать рост и созревание фолликулов, контролируя пролиферацию гранулезных клеток [12]. В исследовании K. Çelikeloglu et al. было обнаружено в гене BMP-15 четыре SNP: три в первом экзоне и один в первом интроне. Мутация с.28_30delCTT с низкими частотами, обнаруженная в экзоне 1 этого гена породы Ramlıç, приводит к тому, что 10-я аминокислота (лейцин) не принимает участия в синтезе белка. Редкий аллель может увеличить частоту многоплодной беременности [13].

В исследовании породы Luzhong совместный анализ трех основных генов (BMP-15, BMPR-1B и GDF-9) выявил значительные эффекты взаимодействия в трех комбинациях (FecB и с.352+1232T>C BMP15; FecB и с.352+1165A>G BMP15; с.352+342C>A BMP15 и ENSOART00000014382.1:с.994G>A GDF9).

BMP-15 является основным геном, контролирующим размер помета у баранов породы Лужун [14].

Рецептор костного морфогенетического белка 1B

Исследования Zhang X. et al. показали, что увеличение концентрации белка BMPR-1B в крови монгольских овец и овец короткохвостых породы Хань (Small Tail Han) может быть полезным для развития фолликулов, но слишком высокая или слишком низкая концентрация этого белка в крови способствует снижению овуляции у овец [15].

Особь, несущие редкие аллели по полиморфизмам в гене BMPR-1B, имеют больший потенциал увеличения числа ягнят за один помет. Для ряда SNP у пород Ramlıç и Dağlıç установлены значимые и положительные коэффициенты регрессии (g.49496G>A, с.1658A>C, с.2037C>T и с.2053C>T у породы Ramlıç и с.1487C>A, с.2492C>T, с.2523G>A, с.2880A>G и с.2763G>A у Dağlıç соответственно) [13].

С помощью базы GeneMANIA проведено исследование генов GDF-9, BMP-15, BMPR-1B у человека. Установлен пул из 20 генов, с которыми данные гены прямо или косвенно могут взаимодействовать. В статье мы приводим лишь несколько генов и типов взаимодействия.

По исследуемым генам установлены коэкспрессии BMPR-1B с ACVR-1B (активиновый рецептор типа IB), GDF-9 с BMP-2 (костный морфогенетический белок 2). Сходный уровень экспрессии BMP-15 был показан только для GDF-9. На рис. 1 представлена часть возможной коэкспрессии генов. Несколько линий между геном ZFYVE-16 и SMAD-5 указывают на то, что при построении использовались данные, полученные из нескольких источников.

Коэкспрессия генов BMPR-1B с ACVR-1B возможна через общий сигнальный путь. Оба гена кодируют рецепторы, участвующие в пути передачи сигнала TGF-beta/BMP. Хотя они взаимодействуют с разными лигандами, оба рецептора могут участвовать в активации общего сигнального каскада SMAD, который включает передачу сигнала от поверхности клетки к ядру. Возможна и перекрестная регуляция экспрессии этих двух генов. Например, сигнал через один из рецепторов может стимулировать или подавлять экспрессию другого гена, тем самым координируя ответ клетки на внешние стимулы. Это предположение подтверждается и установленным GeneMANIA генетическим взаимодействием данных генов.

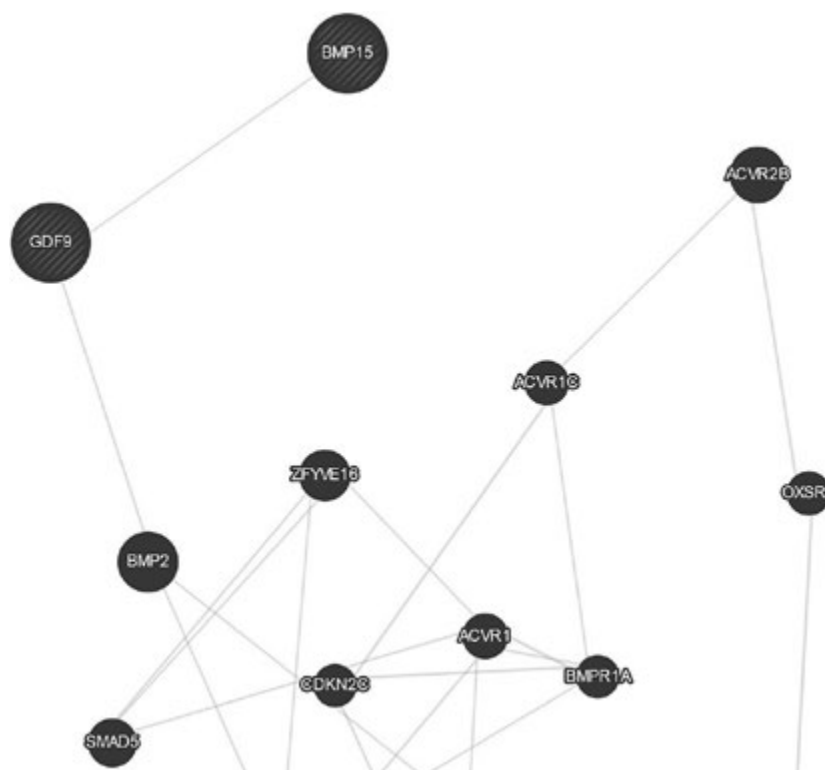


Рис. 1. Коэкспрессия генов GDF-9, BMP-15 и BMPR-1B на примере человека, GeneMANIA (фрагмент)
Co-expression of GDF-9, BMP-15 and BMPR-1B genes in humans, GeneMANIA (fragment)

В случае коэкспрессии для генов GDF-9 с BMP-2 оба белка принадлежат к одному большому семейству факторов роста, поэтому они могут иметь схожие механизмы действия и взаимодействия с другими белками. Также оба фактора действуют через общий сигнальный путь TGF- β /SMAD. Когда GDF-9 или BMP-2 связываются со своими рецепторами на поверхности клетки, они инициируют каскад внутриклеточной сигнализации, включающий фосфорилирование и активацию белков SMAD, которые затем перемещаются в ядро и регулируют транскрипцию определенных генов.

На основании статьи Jonhson J.M. et al. [16] GeneMania установил совместную локализацию для генов BMP-15 и ACVR-2B (рецептор активина типа 2B). Эти результаты подтверждаются данными по экспрессии генов, представленными в базе NCBI.

String-db.org рассчитывает возможные взаимодействия только для одного белка. Однако он позволяет получать информацию для большего числа видов. При запросе задавался один из исследуемых нами белков – BMPR-1B. По умолчанию идет анализ только для десяти вероятных кандидатов с достоверностью 0,4. Мы изменили число возможных кандидатов до двадцати и увеличили предел достоверности для анализируемых

данных до 0,9. На рис. 2 показан результат оценки гена BMPR-1B сервисом string-db.org.

Взаимодействия прогнозируются на основании экспериментальных данных и таких баз, как Uniprot, Ensembl и др. Выстраиваемые схемы взаимодействий имеют цветовую кодировку линий, соединяющих белки. Например, розовыми линиями показаны данные, взятые из экспериментальных работ, а черными – коэкспрессия.

Для GDF-9 прямое взаимодействие показано с BMPR-1B и BMPR-2 (костный морфогенетический рецептор типа 2). Связан с BMPR-2 и интересующий нас белок BMP-15. GDF-9 и BMP-15, вовлеченные в один сигнальный путь, действуют как лиганды, с которыми образует связь рецептор BMPR-2. Активация BMPR-2 приводит к запуску сигнальных путей внутри клетки, которые влияют на клеточную пролиферацию, дифференцировку и апоптоз. Также после связывания BMP-15 с BMPR-2 происходит фосфорилирование и активация рецептора, что ведет к дальнейшему каскаду событий внутри клетки, включая активацию SMAD-белков и изменение экспрессии генов.

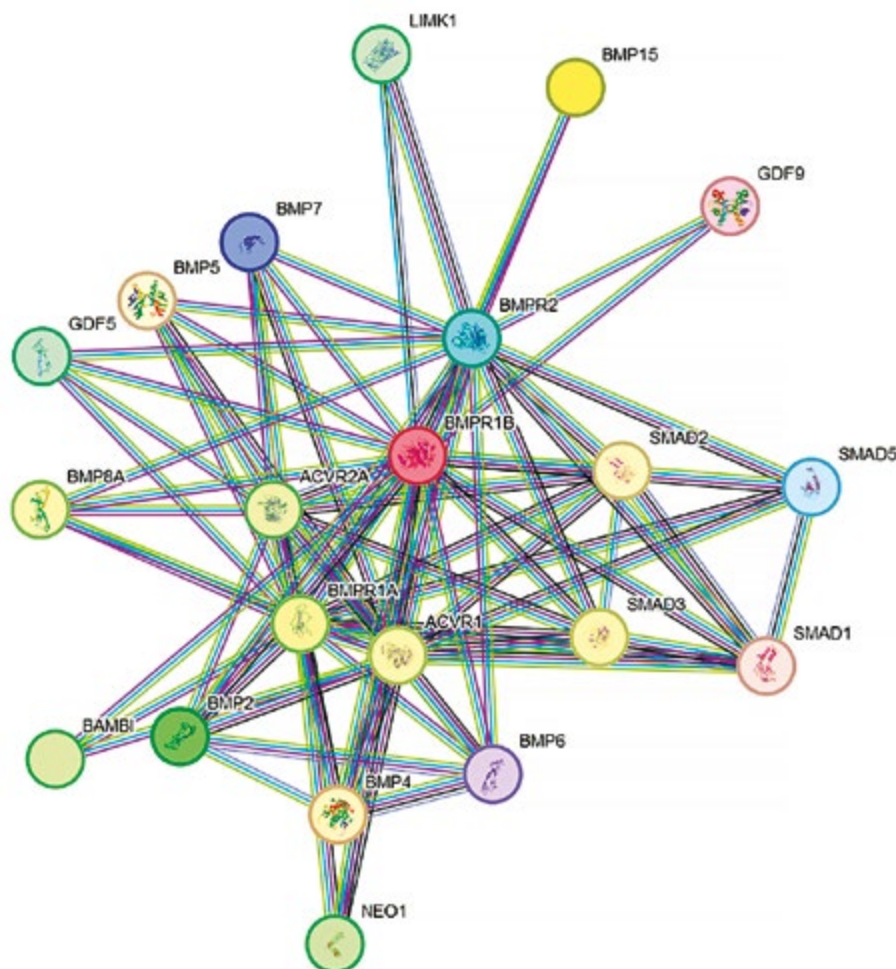


Рис. 2. Карта белок-белковых взаимодействий белка BMPR-IB у овец (string-db.org)
Protein-protein interaction map of the BMPR-IB protein in sheep (string-db.org)

Дополнительно string-db.org дает информацию о вовлеченности анализируемых генов в различные биологические процессы и выполнении молекулярных функций. Например, 16 из представленных на рис. 2 белков участвует в передаче сигналов в сигнальном пути BMP, 11 – в трансдукции сигнала белков SMAD (обеспечивают регуляцию роста и дифференцировки клеток), 10 – в регуляции дифференциации остеобластов.

Таким образом, полиморфизмы в генах GDF-9, BMP-15 и BMPR-IB коррелируют с фенотипическими характеристиками у овец, в частности, с плодовитостью. Результаты исследований, проведенных на различных породах овец, демонстрируют связь между конкретными SNP в этих генах и плодовитостью. Это подтверждает ключевую роль данных генов в регуляции репродуктивной функции и указывает на потенциал использования генетических маркеров для селекции высокопродуктивных животных. С помощью

ресурсов для построения генных и белок-белковых взаимодействий (GeneMania, string-db.org) показано участие GDF-9, BMP-15 и BMPR-IB в сложной сети взаимодействий с другими генами и белками, влияющей на фолликулогенез и другие биологические процессы. Анализ баз данных выявил коэкспрессию и потенциальные белок-белковые взаимодействия BMPR-IB с ACVR-1B, GDF-9 с BMP-2, BMP-15 с ACVR-2B, а также участие этих генов в сигнальном пути TGF- β /BMP. Это подчеркивает интегративную роль данных генов в регуляции клеточных процессов и подтверждает необходимость учитывать их взаимодействие для полного понимания механизмов фолликулогенеза и овуляции. Дальнейшие исследования должны быть направлены на более детальное изучение этих взаимодействий.

ВЫВОДЫ

1. Гены BMP-15, BMPR-1B и GDF-9 играют ключевую роль в регуляции фолликулогенеза и овуляции у млекопитающих, включая человека и овец. Они влияют на рост и развитие фолликулов, созревание яйцеклеток и продукцию стероидных гормонов через сложные сети сигнальных путей. Мутации в этих генах могут приводить к нарушениям репродуктивной функции, таким как уменьшение числа яйцеклеток и бесплодие.

2. Исследования показали, что полиморфизмы в генах BMP-15, BMPR-1B и GDF-9 связаны с

различными биохимическими показателями крови у овец романовской породы. Имеется информация об успешном проведении экспериментов по редактированию генома овец для повышения их репродуктивных качеств.

3. Использование баз данных GeneMania и string-db.org позволило выявить потенциальные взаимодействия между генами BMP-15, BMPR-1B, GDF-9 и другими генами и белками. Были установлены коэкспрессии и генетические взаимодействия, что помогает лучше понять механизмы, лежащие в основе регуляции репродуктивных процессов у млекопитающих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Molecular forms of BMP15 and GDF9 in mammalian species that differ in litter size* / G.W. Swinerd, A.A. Alhussini, S. Sczelecki [et al.] // *Sci. Rep.* – 2023. – № 13(1). – P. 22428. – DOI: 10.1038/s41598-023-49852-1.
2. Климанова Е.А., Коновалова Т.В. Полиморфизм локуса BMP-15 у овец романовской породы в условиях Западной Сибири // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 2(67). – С. 197–204. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-197-204.
3. *Novel Variants in GDF9 gene affect promoter activity and litter size in Mongolia sheep* / B. Tong, J. Wang, Z. Cheng [et al.] // *Genes (Basel)*. – 2020. – № 11(4). – P. 375. – DOI: 10.3390/genes11040375.
4. *Eukaryotic expression, Co-IP and MS identify BMPR-1B protein-protein interaction network* / J. Jia, J. Jin, Q. Chen [et al.] // *Biol. Res.* – 2020. – № 53(1). – P. 24. – DOI: 10.1186/s40659-020-00290-7.
5. Климанова Е.А., Коновалова Т.В., Кочнев Н.Н. Полиморфизм локуса BMPR-1B у овец романовской породы в условиях Кузбасса // *Зоотехния*. – 2024. – № 1. – С. 15–17. – DOI: 10.25708/ZT.2023.56.90.005.
6. *Распределение генотипов по локусу гена дифференциального фактора роста 9 (GDF-9) в популяции овец романовской породы* / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2024. – № 3(72). – С. 196–204. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-196-204.
7. Климанова Е.А. Количество лейкоцитов в крови овец романовской породы с учетом полиморфизма в гене BMP-15 // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. IX Всерос. (нац.) науч. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 20 декабря 2024 г.* – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2024. – С. 345–348.
8. *GDF9 concentration in embryo culture medium is linked to human embryo quality and viability* / J. Li, C. Li, X. Liu [et al.] // *J. Assist. Reprod. Genet.* – 2022. – № 39 (1). – P. 117–125. – DOI: 10.1007/s10815-021-02368-x.
9. *A 5-methylcytosine site of growth differentiation factor 9 (GDF9) gene affects its tissue-specific expression in sheep* / Z. Pan, X. Wang, R. Di [et al.] // *Animals (Basel)*. – 2018. – № 8(11). – P. 200. – DOI: 10.3390/ani8110200.
10. *Detection of genetic variations in the GDF9 and BMP15 genes in Kazakh meat-wool sheep* / M. Amandykova, Z. Orazymbetova, T. Kapassuly [et al.] // *Arch. Anim. Breed.* – 2023. – № 66(4). – P. 401–409. – DOI: 10.5194/aab-66-401-2023.
11. *Single base editing system mediates site-directed mutagenesis of genes GDF9 and FecB in Ouler Tibetan sheep* / Y. Zhao, Y. Zhang, R. Yu [et al.] // *Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao.* – 2023. – № 39(1). – P. 204–216. – DOI: 10.13345/j.cjb.220427.
12. *BMP15 regulates the inhibin/activin system independently of ovulation rate control in sheep* / A. Estienne, B. Lahoz, P. Jarrier [et al.] // *Reproduction.* – 2017. – № 153(4). – P. 395–404. – DOI: 10.1530/REP-16-0507.
13. *An investigation of the effects of BMPR1B, BMP15, and GDF9 genes on litter size in Ramlıç and Dağlıç sheep* / K. Çelikeloğlu, M. Tekerli, M. Erdoğan [et al.] // *Arch. Anim. Breed.* – 2021. – № 64(1). – P. 223–230. – DOI: 10.5194/aab-64-223-2021.
14. *Detection of novel variations related to litter size in BMP15 gene of luzhong mutton sheep (Ovis aries)* / R. Di, F. Wang, P. Yu [et al.] // *Animals (Basel)*. – 2021. – № 11(12). – P. 3528. – DOI: 10.3390/ani11123528.
15. *Study on the correlation between BMPR1B protein in sheep blood and reproductive performance* / X. Zhang, L. Zhang, W. Sun [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2020. – № 98(5). – P. 100. – DOI: 10.1093/jas/skaa100.
16. *Genome-wide survey of human alternative pre-mRNA splicing with exon junction microarrays* / J.M. Johnson, J. Castle, P. Garrett-Engle [et al.] // *Science.* – 2003. – № 302(5653). – P. 2141–2144. – DOI: 10.1126/science.1090100.

REFERENCES

1. Swinerd G.W., Alhussini A.A., Szelececki S., Heath D., Mueller T.D., McNatty K.P., Pitman J.L., Molecular forms of BMP15 and GDF9 in mammalian species that differ in litter size, *Sci. Rep.*, 2023, No. 13(1), pp. 22428, DOI: 10.1038/s41598-023-49852-1.
2. Klimanova E.A., Konovalova T.V., *Vestnik NGAU*, 2023, No. 2(67), pp. 197–204, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-197-204. (In Russ)
3. Tong B., Wang J., Cheng Z., Liu J., Wu Y., Li Y., Bai C., Zhao S., Yu H., Li G., Novel Variants in GDF9 gene affect promoter activity and litter size in Mongolia sheep, *Genes (Basel)*, 2020, No. 11(4), pp. 375, DOI: 10.3390/genes11040375.
4. Jia J., Jin J., Chen Q., Yuan Z., Li H., Bian J., Gui L., Eukaryotic expression, Co-IP and MS identify BMPR-1B protein-protein interaction network, *Biol. Res.*, 2020, No. 53(1), pp. 24, DOI: 10.1186/s40659-020-00290-7.
5. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Kochnev N.N., *Zootekhnika*, 2024, No. 1, pp. 15–17, DOI: 10.25708/ZT.2023.56.90.005. (In Russ)
6. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., *Vestnik NGAU*, 2024, No. 3(72), pp. 196–204, DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-196-204. (In Russ)
7. Klimanova E.A., *Rol' agrarnoi nauki v ustoichivom razvitii sel'skikh territorii* (The role of agricultural science in sustainable development of rural areas), 2024, Novosibirsk: NGAU «Zolotoi kolos», 2024, pp. 345–348. (In Russ)
8. Li J., Li C., Liu X., Yang J., Zhang Q., Han W., Huang G., GDF9 concentration in embryo culture medium is linked to human embryo quality and viability, *J. Assist. Reprod. Genet.*, 2022, No. 39 (1), pp. 117–125, DOI: 10.1007/s10815-021-02368-x.
9. Pan Z., Wang X., Di R., Liu Q., Hu W., Cao X., Guo X., He X., Lv S., Li F., Wang H., Chu M., A 5-methylcytosine site of growth differentiation factor 9 (GDF9) gene affects its tissue-specific expression in sheep, *Animals (Basel)*, 2018, No. 8(11), pp. 200, DOI: 10.3390/ani8110200.
10. Amandykova M., Orazymbetova Z., Kapassuly T., Kozhakhmet A., Khamzina S., Iskakov K., Dossybayev K., Detection of genetic variations in the GDF9 and BMP15 genes in Kazakh meat-wool sheep, *Arch. Anim. Breed.*, 2023, No. 66(4), pp. 401–409, DOI: 10.5194/aab-66-401-2023.
11. Zhao Y., Zhang Y., Yu R., Wu Y., Chen Y., Zhao R., Zhang C., Su J., Single base editing system mediates site-directed mutagenesis of genes GDF9 and FecB in Ouler Tibetan sheep, *Sheng Wu Gong Cheng Xue Bao*, 2023, No. 39(1), pp. 204–216, DOI: 10.13345/j.cjb.220427.
12. Estienne A., Lahoz B., Jarrier P., Bodin L., Folch J., Alabart J.L., Fabre S., Monniaux D., BMP15 regulates the inhibin/activin system independently of ovulation rate control in sheep, *Reproduction*, 2017, No. 153(4), pp. 395–404, DOI: 10.1530/REP-16-0507.
13. Çelikeloglu K., Tekerli M., Erdoğan M., Koçak S., Hacıoğlu Ö., Bozkurt Z., An investigation of the effects of BMPR1B, BMP15, and GDF9 genes on litter size in Ramlıç and Dağlıç sheep, *Arch. Anim. Breed.*, 2021, No. 64(1), pp. 223–230, DOI: 10.5194/aab-64-223-2021.
14. Di R., Wang F., Yu P., Wang X., He X., Mwacharo J.M., Pan L., Chu M., Detection of novel variations related to litter size in BMP15 gene of luzhong mutton sheep (*Ovis aries*), *Animals (Basel)*, 2021, No. 11(12), pp. 3528, DOI: 10.3390/ani11123528.
15. Zhang X., Zhang L., Sun W., Lang X., Wu J., Zhu C., Jia J., Jin J., La Y., Casper D.P., Study on the correlation between BMPR1B protein in sheep blood and reproductive performance, *J. Anim. Sci.*, 2020, No. 98(5), pp. 100, DOI: 10.1093/jas/skaa100.
16. Johnson J.M., Castle J., Garrett-Engele P., Kan Z., Loerch P.M., Armour C.D., Santos R., Schadt E.E., Stoughton R., Shoemaker D.D., Genome-wide survey of human alternative pre-mRNA splicing with exon junction microarrays, *Science*, 2003, No. 302(5653), pp. 2141–2144, DOI: 10.1126/science.1090100.

Информация об авторах:

Е.А. Климанова, научный сотрудник

Д.А. Александрова, аспирант

Н.Н. Кочнев, доктор биологических наук, профессор

Contribution of the authors:

E.A. Klimanova, research assistant

D.A. Alexandrova, PhD student

N.N. Kochnev, doctor of biological Sc., professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПРИМЕНЕНИЕ ХЕЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СВИНЕЙ

¹М.В. Лазарева, ²Н.А. Шкиль

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Для цитирования: Лазарева М.В., Шкиль Н.А. Применение хелатных соединений микроэлементов и их влияние на физиологический статус свиней // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 177–185. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-177-185.

Ключевые слова: свиноводство, рост и развитие, продуктивность, гематология, Биоферрон, Биоцинк.

Реферат. Показана эффективность применения препаратов Биоферрон и Биоцинк на физиологический статус свиней. Среднесуточный прирост массы тела поросят составил за весь период исследования (4–60 дней) в контрольной группе 0,25 кг. Наибольший уровень прироста массы тела поросят отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах, который составил 0,32 кг. Сохранность поголовья поросят за весь период эксперимента составила 100 % в каждой из исследуемых групп. Уровень эритроцитов в крови во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах составил $7,57 \pm 0,11$ и $7,37 \pm 0,14 \times 10^{12}/л$, что больше, чем в контрольной на 7,83 и 4,99 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Среди опытных групп поросят, получавших препарат Биоцинк, наибольший уровень эритроцитов отмечали в 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытной группе, данный показатель составил $7,24 \pm 0,16 \times 10^{12}/л$, что больше контроля на 3,13 %. У 90-суточных поросят количество эритроцитов повышается, сохраняется его преобладание в опытных группах. Уровень гемоглобина в крови 60-суточных поросят опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, превышал на 14,55, 15,01 и 16,03 % (при $p \leq 0,001$) уровня контрольной группы соответственно. В крови поросят, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень гемоглобина превышал на 12,52, 12,83 (при $p \leq 0,001$) и 10,38 % (при $p \leq 0,01$) уровня контрольной группы соответственно. В крови 90-суточных поросят сохраняется превосходство уровня гемоглобина у поросят всех опытных групп над контролем. Наибольшее гематокритное значение отмечали у поросят 60 дневного возраста во 2-й и 3-й опытных группах, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $41,29 \pm 0,29$ и $41,65 \pm 0,30$ %, что больше контроля на 7,16 и 8,09 % ($p \leq 0,01$). У 90-суточных поросят наблюдается достоверное повышение гематокрита во всех опытных группах. Снижение количества лейкоцитов в крови в пределах физиологической нормы говорит о нормализации обменных процессов в организме свиней, что выражается в положительной динамике изменений морфологического состава крови животных, получавших препараты Биоферрон и Биоцинк. Соотношение разных форм лейкоцитов у 60 и 90 суточных поросят находилось в пределах физиологической нормы.

APPLICATION OF CHELATE COMPOUNDS OF TRACE ELEMENTS AND THEIR INFLUENCE ON PHYSIOLOGICAL STATUS OF PIGS

¹M.V. Lazareva, ²N.A. Shkil

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Sibirsky Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Keywords: pig breeding, growth and development, productivity, hematology, Bioferron, Biocink.

Abstract. The efficacy of Bioferron and Biocink on the physiological status of pigs is shown. The average daily body weight gain of piglets over the entire study period (4–60 days) in the control group was 0,25 kg. The greatest increase in body weight of piglets was noted in the 2nd (Bioferron 0,2 ml/kg) and 5th (Biocink 0,2 ml/kg) experimental groups, which amounted to 0,32 kg. The safety of piglets for the entire period of the experiment was 100 % in each of the study groups. The red blood cell level in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg) and 3rd (Bioferron 0,3 mL/kg) experimental groups was $7,57 \pm 0,11$ and $7,37 \pm 0,14 \times 10^{12}/L$, which is 7,83 and 4,99 % more than in the control ($p \leq 0,05$), respectively. Among the experimental groups of piglets treated with Biocink, the highest

level of red blood cells was noted in the 5th (Biocink 0,2 ml/kg) experimental group, this indicator was $7,24 \pm 0,16 \times 10^{12}/l$, which is 3,13% more than the control. In 90-day-old piglets, the number of red blood cells increases, its predominance in experimental groups remains. The hemoglobin level in the blood of 60-day-old piglets of experimental groups, which were given Bioferron at doses of 0,1, 0,2 and 0,3 ml/kg, exceeded the level of the control group by 14,55, 15,01 and 16,03 % (at $p \leq 0,001$), respectively. In the blood of piglets that received Biocink at doses of 0,1, 0,2 and 0,3 ml/kg, the level of hemoglobin exceeded by 12,52, 12,83 (at $p \leq 0,001$) and 10,38% (at $p \leq 0,01$) the level of the control group, respectively. In the blood of 90-day-old piglets, the superiority of the hemoglobin level in piglets of all experimental groups over control remains. The greatest hematocrit value was observed in piglets of 60 days of age in the 2nd and 3rd experimental groups, which were given Bioferron at doses of 0,2 and 0,3 ml/kg, it was $41,29 \pm 0,29$ and $41,65 \pm 0,30$ %, which is 7,16 and 8,09 % more control ($p \leq 0,01$). In 90-day-old piglets, a significant increase in hematocrit was observed in all test groups. A decrease in the number of leukocytes in the blood within the physiological norm indicates the normalization of metabolic processes in the body of pigs, which is expressed in the positive dynamics of changes in the morphological composition of the blood of animals treated with Bioferron and Biocink. The ratio of different forms of leukocytes in 60 and 90 daily piglets was within the physiological norm.

Одной из передовых отраслей в сельском хозяйстве является свиноводство. В настоящее время свиноводческие предприятия уделяют особое внимание кормлению и содержанию свиней с целью повышения показателей роста и развития животных. Обязательным условием при выращивании свиней являются сбалансированные рационы питания по основным питательным веществам, энергетической ценности, содержанию сухого вещества, переваримого протеина, аминокислот, клетчатки, минеральных веществ, витаминов [1, 2].

Немаловажным в системе кормления сельскохозяйственных животных является минеральное питание. Минералы используются организмом как строительный материал, участвуют во всех биологических реакциях, входят в состав клеток и всех тканей [3, 4]. Минеральные вещества не синтезируются в организме животного, поэтому они должны поступать в достаточном объеме с кормами.

В свиноводстве многими исследователями практикуется применение минеральных хелатных комплексов как источников воздействия на метаболические процессы в организме, обеспечивающих повышение продуктивности и снижение затрат корма на производство единицы продукции [5, 6].

Цинк, железо, марганец, медь, кобальт и селен, как основные микроэлементы, широко используются в кормах для животных в органических формах, при этом хелатные соединения занимают основной сегмент рынка [7, 8]. Железо не содержится в молоке свиноматок, и поскольку поросята рождаются с низким уровнем железа, они нуждаются в дополнительном приеме железа. В связи с повышенными показателями роста поросят-отъемышей, которых кормили рационами

с повышенным содержанием цинка, во многих странах широко практикуется включение от 2000 до 3000 мг/кг цинка в рационы поросят-отъемышей. Но последние данные свидетельствуют о том, что предоставление свиньям на откорме более 50 мг/кг цинка не имеет преимуществ для роста свиней [9, 10].

Многочисленные научные исследования подтвердили, что увеличение продуктивности, плодовитости, здоровья животных, возможно только за счет сбалансированного по всем компонентам рациона, а также биологически активным веществам [11–13].

Целью наших исследований явилось изучение влияния хелатных соединений микроэлементов на физиологический статус свиней.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательские работы проводились на базе фермерского хозяйства Новосибирской области. В опыте участвовали свиньи возраста 4–90 сут, алтайской мясной породы мясного направления. Для исследований были сформированы 7 групп поросят (одна контрольная и шесть опытных) по 12 голов в каждой. Животных отбирали по принципу аналогов с учетом массы тела, клинического состояния. Поросят всех групп содержали в равных условиях, на рационе, отвечающем их физиологическим потребностям. Животным контрольной группы скармливали только основной рацион (ОР). Поросята 1-й опытной группы помимо рациона, применяемого в хозяйстве, ежедневно получали препарат Биоферрон в дозе 0,1 мл/кг, 2-й опытной группы – Биоферрон 0,2 мл/кг, 3-й опытной группы – Биоферрон 0,3 мл/кг. Поросята 4-й опытной

группы получали Биоцинк в дозе 0,1 мл/кг, 5-й опытной группы – Биоцинк 0,2 г/кг, 6-й опытной группы – Биоцинк 0,3 мл/кг массы тела. Контроль показателей физиологического статуса у свиней определяли по приросту массы тела и морфологии крови. Взвешивание животных проводили перед испытанием (на четвертый день жизни), на 28-й день жизни и на 60-й день. Кровь для морфологических исследований у животных опытных и контрольной групп отбирали утром до кормления. Исследование проводилось на базе лаборатории СФНЦА РАН.

Препараты Биоферрон и Биоцинк представляют собой водный раствор биологически активных веществ, в состав которых входят органические железо и цинк в форме хелатов и карбоксилатов (1 000 мг/л), являющихся естественным биосовместимым стимулятором гемопоэза.

Для оценки значимости различий между группами использовали *t*-критерий Стьюдента для непарных выборок. Также использовался метод вариационной статистики: вычисление средней арифметической *M* и ее ошибки *m*. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимали равным 0,05. Биоинформационный анализ полученных данных проводили при помощи программных пакетов Excel MS Office 2016 и Past 4.03.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Включение хелатных соединений микроэлементов в составе препаратов Биоферрон и Биоцинк в разных дозах подопытным пороссятам оказало положительное влияние на их рост и развитие (табл. 1).

В течение всего срока выращивания поросята были активны и подвижны, с удовлетворительной упитанностью, положение тела животных было естественным. Слизистые оболочки бледно-розовые, умеренно влажные, соответствуют физиологической норме данного вида животных. Кожа эластичная, нормальной температуры, покраснений и изъязвлений нет.

Исследованные группы поросят в начале опыта в возрасте четырех дней имели слабо различимую массу тела в пределах 2,07–2,20 кг. При взвешивании поросят в возрасте 28 дней отмечали нарастание массы тела во всех испытываемых группах. У поросят контрольной группы нарастание массы тела произошло на 206,13 %. Среди опытных групп, получавших препарат Биоферрон в разных дозах, наибольшее нараста-

ние массы тела отмечали во 2-й опытной группе (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 274,42 %. В группе поросят, в рационе которых присутствовал Биоцинк, наибольшее нарастание массы тела отмечали в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг) – на 272,51 %. При сравнении масс тел поросят опытных групп с контрольной отмечали, что в возрасте 28 дней масса тела поросят 1-й опытной группы (Биоферрон 0,1 мл/кг) превышала контроль на 13,71 % ($p \leq 0,05$), 2-й опытной группы (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 24,04 % ($p \leq 0,001$), 3-й опытной группы (Биоферрон 0,3 мл/кг) – на 20,49 % ($p \leq 0,01$).

Анализ динамики массы тела поросят в возрасте 60 дней показал преимущество нарастания массы тела в группах поросят, получавших препараты Биоферрон и Биоцинк в дозах 0,2 мл/кг и 0,3 мл/кг.

Относительно контрольных значений масса тела поросят, получавших препарат Биоферрон, была выше на 17,73 % (Биоферрон 0,1 мл/кг) при $p \leq 0,01$, на 24,41 % (Биоферрон 0,2 мл/кг) при $p \leq 0,001$, на 23,16 % (Биоферрон 0,3 мл/кг) при $p \leq 0,001$. Масса тела поросят, получавших препарат Биоцинк, была выше контрольных значений на 7,43 % (Биоцинк 0,1 мл/кг), на 23,47 % (Биоцинк 0,2 мл/кг) при $p \leq 0,001$, на 22,09 % (Биоцинк 0,3 мл/кг) при $p \leq 0,001$.

Это подтверждается и изучением среднесуточного прироста массы тела, который составил за весь период исследования (4–60 дней) в контрольной группе поросят – 0,25 кг. Наибольший уровень прироста массы тела поросят отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах, который составил 0,32 кг.

Закономерность абсолютного прироста живой массы поросят аналогична изменению среднесуточного прироста. Абсолютный прирост массы тела поросят опытных групп в период выращивания 4–60 дней был выше на 20,43; 27,91; 26,76; 8,42; 27,19; 25,76 % по сравнению с аналогами контрольной группы. При этом наблюдаем наибольший эффект применения препаратов Биоферрон и Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг.

Показатели относительного прироста в опытных группах за весь период выращивания составили от 82,34 до 115,55 %. Более высокий относительный прирост был выявлен во 2-й опытной группе (Биоферрон 0,2 мл/кг) за период выращивания 4–27 дней – 115,55 %, в 3-й опытной группе (Биоферрон 0,3 мл/кг) за период выращивания 4–27 дней – 115,22 % и в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг) – 115,38 %.

Таблица 1

Динамика массы тела поросят под влиянием хелатных соединений микроэлементов, кг
Dynamics of body weight of piglets under the influence of chelate compounds of microelements, kg

Период	Группа						
	Контрольная, (ОР)	1-я опытная (ОР + Биоферрон 0,1 мл/кг)	2-я опытная (ОР + Биоферрон 0,2 мл/кг)	3-я опытная (ОР + Биоферрон 0,3 мл/кг)	4-я опытная (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг)	5-я опытная (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг)	6-я опытная (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг)
До опыта возраст 4 дня (n = 12)	2,12±0,06	2,11±0,07	2,15±0,07	2,10±0,06	2,14±0,08	2,11±0,07	2,07±0,07
возраст 28 дней (n = 12)	6,49±0,21	7,38±0,27*	8,05±0,23***	7,82±0,19**	7,17±0,30	7,86±0,21***	7,65±0,24**
возраст 60 дней (n = 12)	16,02±0,26	18,86±0,65**	19,93±0,27***	19,73±0,47***	17,21±0,46	19,78±0,20***	19,56±0,36***
Среднесуточный прирост массы тела, кг							
4–27 дней	0,18	0,22	0,25	0,24	0,21	0,24	0,23
28–60 дней	0,30	0,36	0,37	0,37	0,31	0,37	0,37
4–60 дней	0,25	0,30	0,32	0,31	0,27	0,32	0,31
Абсолютный прирост массы тела, кг							
4–27 дней	4,38	5,27	5,90	5,72	5,03	5,75	5,57
28–60 дней	9,53	11,48	11,88	11,90	10,04	11,93	11,91
4–60 дней	13,90	16,74	17,78	17,62	15,07	17,68	17,48
Относительный прирост массы тела, %							
4–27 дней	101,65	110,98	115,55	115,22	108,11	115,38	114,67
28–60 дней	84,64	87,48	84,92	86,41	82,34	86,28	87,54
Коэффициент прироста массы тела, г							
4–27 дней	3,07	3,49	3,74	3,72	3,35	3,73	3,69
28–60 дней	2,47	2,55	2,48	2,52	2,40	2,52	2,56

Примечание: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ относительно контрольной группы.

Коэффициент увеличения массы тела или кратность увеличения растущей массы наиболее высокий отмечался у поросят опытных групп в течение всего периода исследования.

Можно отметить, что использование в рационе хелатов эссенциальных микроэлементов положительно влияет на интенсивность роста молодняка свиней. Вероятно, препараты Биоферрон и Биоцинк, нормализуя обменные процессы в организме, выступают стресс-корректором, что позволяет опытным животным стабильно набирать массу тела по сравнению с контрольной группой.

От сохранности поросят в конечном итоге зависит, сколько молодняка свиней поступит на откорм и будет получено свинины. В настоящее время во всех странах мира смертность поросят в перинатальный период (до родов, во время и после них), до и после отъема значительно сокращает биологические возможности свиней к воспроизводству и выкармливанию потомства.

Для учета сохранности поголовья велись наблюдения за всеми группами исследуемых животных. При определении сохранности поголовья за весь период эксперимента не было выявлено случаев падежа или выбраковки исследуемых животных. Следовательно, сохранность поголовья поросят за весь период эксперимента составила 100 % в каждой из исследуемых групп.

Полученные данные говорят о том, что использование препаратов Биоферрон и Биоцинк в разных дозах в виде хелатных соединений не оказало негативных побочных эффектов на поголовье молодняка свиней.

Для характеристики физиологического статуса животных самым распространенным, доступным и надежным критерием оценки является гематологическое исследование.

Гематологический анализ показал, что количество эритроцитов во всех исследуемых группах молодняка свиней находилось в пределах референсных значений ($6,0\text{--}7,5 \times 10^{12}/\text{л}$) (табл. 2). Количество эритроцитов в контрольной группе поросят 60-суточного возраста составляло $7,02 \pm 0,19 \times 10^{12}/\text{л}$. Количество эритроцитов 60-суточных поросят, в рацион которых были добавлены препарат Биоферрон в дозах 0,2 и

0,3 мл/кг, отмечали наибольший уровень эритроцитов в сравнении с контрольной группой. Во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах уровень эритроцитов составил $7,57 \pm 0,11$ и $7,37 \pm 0,14 \times 10^{12}/\text{л}$, что больше, чем в контрольной на 7,83 и 4,99 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Среди опытных групп поросят, получавших препарат Биоцинк, наибольший уровень эритроцитов отмечали в 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытной группе, данный показатель составил $7,24 \pm 0,16 \times 10^{12}/\text{л}$, что больше контроля на 3,13 %. У 90-суточных поросят количество эритроцитов повышается, сохраняется его преобладание в опытных группах. Наибольший уровень эритроцитов установили во второй (Биоферрон 0,2 мл/кг) и третьей (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, он превышал контроль на 8,07 и 8,64 % при $p \leq 0,05$ соответственно. Это свидетельствует о лучшем снабжении кислородом тканей молодняка свиней опытных групп.

Содержание гемоглобина в эритроците у 60-суточных поросят контрольной группы составляло $88,08 \pm 1,04$ г/л. В крови 60-суточных поросят опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень гемоглобина превышал на 14,55, 15,01 и 16,03 % (при $p \leq 0,001$) уровня контрольной группы соответственно. В крови поросят, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень гемоглобина превышал на 12,52, 12,83 (при $p \leq 0,001$) и 10,38 % (при $p \leq 0,01$) уровня контрольной группы соответственно.

В крови 90-суточных поросят сохраняется превосходство уровня гемоглобина у поросят всех опытных групп над контролем. Наибольший уровень гемоглобина отмечен у поросят 2-й и 3-й опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $107,3 \pm 1,57$ и $108,9 \pm 1,59$ г/л ($p \leq 0,01$) соответственно, что больше контроля на 12,25 и 13,92 %.

Повышение уровня гемоглобина в крови молодняка свиней опытных групп является следствием более интенсивных окислительно-восстановительных процессов, что указывает на положительное влияние включения в рацион хелатных соединений железа и цинка.

Таблица 2

Гематологические показатели поросят под влиянием хелатных соединений микроэлементов
Hematological parameters of piglets under the influence of chelated compounds of microelements

Показатель	Возраст, день	Группа						
		Контрольная (ОР)	1-я опытная (ОР + Биоферрон 0,1 мл/кг)	2-я опытная (ОР + Биоферрон 0,2 мл/кг)	3-я опытная (ОР + Биоферрон 0,3 мл/кг)	4-я опытная (ОР + Биоцинк)	5-я опытная (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг)	6-я опытная (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг)
Лейкоциты, $\times 10^9/l$	60	23,16 $\pm$ 0,81	16,30 $\pm$ 0,38***	16,78 $\pm$ 0,30***	15,69 $\pm$ 0,35***	16,20 $\pm$ 0,32***	15,92 $\pm$ 0,28***	15,73 $\pm$ 0,22***
	90	18,70 $\pm$ 0,25	15,83 $\pm$ 0,57**	15,21 $\pm$ 0,71**	15,37 $\pm$ 0,64**	16,79 $\pm$ 0,60**	14,95 $\pm$ 0,92**	15,76 $\pm$ 0,92**
Эритроциты, $\times 10^{12}/l$	60	7,02 $\pm$ 0,19	7,11 $\pm$ 0,15	7,57 $\pm$ 0,11*	7,37 $\pm$ 0,14*	7,03 $\pm$ 0,20	7,24 $\pm$ 0,16	6,76 $\pm$ 0,27
	90	7,06 $\pm$ 0,11	7,35 $\pm$ 0,11	7,63 $\pm$ 0,19*	7,67 $\pm$ 0,21*	7,13 $\pm$ 0,12	7,27 $\pm$ 0,11	7,31 $\pm$ 0,11
Гемоглобин, g/l	60	88,08 $\pm$ 1,04	100,9 $\pm$ 1,96***	101,3 $\pm$ 1,63***	102,2 $\pm$ 1,96***	99,11 $\pm$ 2,06***	99,38 $\pm$ 1,70***	97,22 $\pm$ 2,14**
	90	95,59 $\pm$ 2,85	105,5 $\pm$ 1,49*	107,3 $\pm$ 1,57**	108,9 $\pm$ 1,59**	101,1 $\pm$ 1,98	106,3 $\pm$ 1,93*	102,9 $\pm$ 2,07
Гематокрит, %	60	38,53 $\pm$ 0,67	40,71 $\pm$ 0,40*	41,29 $\pm$ 0,29**	41,65 $\pm$ 0,30**	38,99 $\pm$ 0,71	39,46 $\pm$ 0,53	40,68 $\pm$ 0,30*
	90	39,17 $\pm$ 0,60	41,33 $\pm$ 0,28**	42,59 $\pm$ 0,38***	42,60 $\pm$ 0,59***	41,28 $\pm$ 0,41*	42,12 $\pm$ 0,44**	41,37 $\pm$ 0,34*
Средний объем эритроцитов, fl	60	55,29 $\pm$ 1,72	57,50 $\pm$ 1,28	54,71 $\pm$ 0,99	56,77 $\pm$ 1,41	55,85 $\pm$ 1,55	54,78 $\pm$ 1,28	61,39 $\pm$ 2,80
	90	55,60 $\pm$ 1,11	56,39 $\pm$ 0,97	56,20 $\pm$ 1,55	56,15 $\pm$ 2,08	58,05 $\pm$ 1,09	58,12 $\pm$ 1,10	56,71 $\pm$ 0,82
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, p/g	60	12,64 $\pm$ 0,37	14,24 $\pm$ 0,33**	13,42 $\pm$ 0,28	13,92 $\pm$ 0,36*	14,26 $\pm$ 0,57*	13,77 $\pm$ 0,26*	14,59 $\pm$ 0,53*
	90	13,59 $\pm$ 0,50	14,38 $\pm$ 0,28	14,17 $\pm$ 0,46	14,34 $\pm$ 0,49	14,26 $\pm$ 0,48	14,66 $\pm$ 0,33	14,12 $\pm$ 0,37
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, g/l	60	229,2 $\pm$ 3,96	247,9 $\pm$ 4,60**	245,8 $\pm$ 5,29*	245,6 $\pm$ 5,05*	255,1 $\pm$ 6,84**	252,1 $\pm$ 4,63**	239,2 $\pm$ 5,57
	90	244,2 $\pm$ 6,55	255,0 $\pm$ 2,41	252,3 $\pm$ 4,81	255,8 $\pm$ 3,54	245,2 $\pm$ 5,81	252,7 $\pm$ 5,60	249,0 $\pm$ 5,58

Примечание. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ относительно контрольной группы. ОР – основной рацион, используемый в хозяйстве.

Уровень гематокрита у поросят в течение всего эксперимента находился в пределах нормы. Наибольшее гематокритное значение отмечали у поросят 60-дневного возраста во 2-й и 3-й опытных группах, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $41,29 \pm 0,29$ и $41,65 \pm 0,30$ %, что больше контроля на 7,16 и 8,09 % ($p \leq 0,01$). У 90-суточных поросят наблюдается достоверное повышение гематокрита во всех опытных группах. У поросят опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, гематокритное значение превышало на 5,51, 8,73 и 8,76 % (при $p \leq 0,001$) уровня контрольной группы. В крови поросят, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень гематокрита превышал на 5,39, 7,53 и 5,62 % (при $p \leq 0,05$) уровня контрольной группы соответственно.

Незначительные изменения концентрации гемоглобина, эритроцитов и гематокрита привели к изменению эритроцитарных индексов. У свиней средний объем эритроцитов в норме составляет 50,0–65,0 ф/л. Отмечено, что средний объем эритроцитов в крови у свиней всех подопытных групп находился в пределах референсных значений (от $54,71 \pm 0,99$ до $61,39 \pm 2,80$ ф/л), различия были незначительные и недостоверные.

О насыщенности эритроцитов гемоглобином указывают и такие индексы красной крови как среднее содержание гемоглобина в эритроцитах и средняя концентрация гемоглобина в отдельном эритроците. У поросят, получавших препараты Биоферрон и Биоцинк в разных дозах, отмечали повышение значения среднего содержания гемоглобина. В возрасте 60 сут у свиней 1-й опытной группы (Биоферрон 0,1 мл/кг) индекс среднего содержания гемоглобина составил $14,24 \pm 0,33$ п/г, что на 12,66 % ($p \leq 0,01$) больше контроля. У поросят 6-й опытной группы (Биоцинк 0,3 мл/кг) данный показатель составил $14,59 \pm 0,53$ п/г, что на 15,43 % ($p \leq 0,05$) больше контроля. В 90-суточном возрасте поросят среднее содержание гемоглобина в эритроцитах во 1-й опытной группе составило $14,38 \pm 0,28$ п/г, в 5-й – $14,66 \pm 0,33$ п/г, что больше, чем в контрольной группе на 5,81 и 7,87 % соответственно. Уровень средней концентрации гемоглобина у свиней всех опытных групп имели недостоверные различия в пределах физиологической нормы. Повышение данных показателей обусловлено напряжением всех метаболических процессов в организме свиней, получавших хелатные соединения микроэлементов.

Анализ лейкоцитарной формулы крови свиней показал отсутствие отклонений от физиологической нормы. Количество лейкоцитов в крови свиней при применении препаратов Биоферрон и Биоцинк уменьшается. У 60-суточных свиней наибольший уровень лейкоцитов отмечали в 3-й опытной группе (Биоферрон 0,3 мл/кг), который составил $15,69 \pm 0,35 \times 10^9/\text{л}$ (при $p \leq 0,001$), что меньше на 32,25 %, чем в контрольной группе. В 1-й опытной группе при включении в рацион препарата Биоферрон в дозе 0,1 мл/кг количество лейкоцитов отмечали на 29,62 % ($p \leq 0,001$) ниже, чем в контрольной. Во 2-й опытной группе (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 27,55 % ($p \leq 0,001$) меньше контроля. Среди групп поросят, в рацион которых был включен препарат Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, количество лейкоцитов в крови было на 30,05, 31,26 и 32,08 % (при $p \leq 0,001$) ниже, чем в контрольной группе соответственно. У 90-суточных поросят наименьший уровень лейкоцитов отмечается во 2-й опытной группе (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг), он составил $15,21 \pm 0,71$ и $14,95 \pm 0,92 \times 10^9/\text{л}$, что ниже контроля на 18,66 и 20,05 % (при $p \leq 0,01$).

Снижение количества лейкоцитов в крови в пределах физиологической нормы говорит о нормализации обменных процессов в организме свиней, что выражается в положительной динамике изменений морфологического состава крови животных, получавших препараты Биоферрон и Биоцинк. Соотношение разных форм лейкоцитов у 60-и и 90-суточных поросят находилось в пределах физиологической нормы.

Результаты исследований показали, что гематологические показатели свиней опытных групп, получавших хелатные соединения биоэлементов, более выражены, чем в контрольной группе, но находятся в пределах физиологической нормы. Это свидетельствует о повышении естественной защиты организма.

ВЫВОДЫ

1. Включение препаратов Биоферрон и Биоцинк в рацион повышает уровень прироста массы свиней. За период исследования 4–60 дней наибольший уровень прироста массы тела поросят отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах, который составил 0,32 кг.

2. Сохранность поголовья поросят за весь период эксперимента составила 100 в каждой из исследуемых групп. Полученные данные говорят

о том, что использование препаратов Биоферрон и Биоцинк в разных дозах в виде хелатных соединений не оказало негативных побочных эффектов на поголовье молодняка свиней.

3. Наибольший уровень эритроцитов установили во второй (Биоферрон 0,2 мл/кг) и третьей (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, он превышал контроль на 8,07 и 8,64 % соответственно.

4. Наибольший уровень гемоглобина отмечен у поросят 2-й и 3-й опытных групп, которым да-

вали препарат Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $107,3 \pm 1,57$ и $108,9 \pm 1,59$ г/л соответственно, что больше контроля на 12,25 и 13,92 %.

5. У 90-суточных поросят наименьший уровень лейкоцитов отмечается во 2-й опытной группе (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг), который составил $15,21 \pm 0,71$ и $14,95 \pm 0,92 \times 10^9/\text{л}$, что ниже контроля на 18,66 и 20,05 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Условия выращивания и откорм свиней для изготовления функциональных продуктов питания / Е.П. Лисовицкая, П.В. Мирошниченко, Н.Н. Забашта [и др.] // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2024. – Т. 13, №. 1. – С. 193–197.
2. Растржиженкова В.К., Лазарева М.В. Эффективность кормовой добавки Биокор при кормлении молодняка свиней // Актуальные вопросы акушерства, гинекологии и репродуктологии животных: сб. тр. науч.-практ. конф. студ. ин-та вет. медицины и биотехнологии Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 июля 2023 г. – Новосибирск, 2023. – С. 35–40.
3. Кичеева А.Г., Терещенко В.А. Перспективы использования природных глинистых минералов в животноводстве (обзор) // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 12. – С. 88–93.
4. Рост и развитие, мясная продуктивность свиней при использовании в их рационах нетрадиционных кормовых добавок в Якутии / Н.М. Черноградская, Р.Л. Шарвадзе, М.Ф. Григорьев [и др.] // Аграрная наука. – 2020. – № 5. – С. 40–44.
5. Шленкина Т.М. Использование различных источников минеральных веществ в рационах свиней // Кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве: мат.-лы национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием, Ульяновск, 8–9 апреля 2021 г. – Ульяновск, 2021. – С. 226–231.
6. Влияние хелатных соединений микроэлементов на продуктивность свиней / В.С. Шерне, А.Ю. Лаврентьев, Л.В. Жестянова [и др.] // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии: междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 15–16 апреля 2021 г. Ч. 1. – Брянск, 2021. – С. 405–410.
7. Кузьменко Л.М. Использование подкислителя кормов с микроэлементами в хелатной форме в кормлении молодняка свиней // Зоотехническая наука Беларуси. – 2020. – Т. 55, № 2. – С. 13–21.
8. Лазарева М.В. влияние органических соединений микроэлементов на продуктивность свиней // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: мат.-лы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 2–4 ноября 2023 г. – Витебск, 2023. – С. 210–215.
9. Stein H.H. Aspects of digestibility and requirements for minerals and vitamin D by growing pigs and sows // Animal. – 2024. – P. 101125.
10. Effect of zinc source and level on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs / H.S. Cemin, C.B. Carpenter, J.C. Woodworth [et al.] // Translational Animal Science. – 2019. – № 3. – P. 742–748.
11. Миллер В.А., Лазарева М.В. Особенности проявления дефицита цинка у свиней и его профилактика // Теория и практика современной аграрной науки: сб. VI нац.(всерос.) науч. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 27 февраля 2023 г. – Новосибирск, 2023. – С. 1140–1143.
12. Лихошерст Ю.И., Лазарева М.В. Обоснование необходимости введения в рацион свиней эссенциальных микроэлементов // Вопросы ветеринарной науки и практики: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов факультета ветеринарной медицины Новосибирского государственного аграрного университета, Новосибирск, 30 марта 2021 г. – Новосибирск, 2021. – С. 39–42.
13. Зирук И.В., Салаутин В.В. Хелатные препараты в кормлении свиней // Инновационный путь развития свиноводства стран СНГ: сб. науч. тр. по мат.-ам XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. – Жодио, 2021. – С. 108–114.

REFERENCES

1. Lisovickaja E.P., Miroshnichenko P.V., Zabashata N.N., Danil'chenko O.B., Basankina V.M., *Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootehnii i veterinarii*, 2024, No. 1, pp. 193–197. (In Russ.)
2. Rastrizhenkova, V.K., Lazareva M.V., *Aktual'nye voprosy akusherstva, ginekologii i reproduktologii zhivotnyh* (Effectiveness of Biocor feed additive in feeding young pigs), Collection of works of a scientific and practical conference, Novosibirsk, 2023, pp. 35–40. (In Russ.)

3. Kicheeva A.G., Tereshhenko V.A., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2021, No. 12, pp. 88–93. (In Russ.)
4. Chernogradskaja N.M., Sharvadze R.L., Grigor'ev M.F., Grigor'eva A.I., *Agrarnaja nauka*, 2020, No. 5, pp. 40–44. (In Russ.)
5. Shlenkina T.M., *Kremnij i zhizn'. Kremnistye porody v sel'skom hozjajstve* (Silicon and life. Siliceous rocks in agriculture), Materials of the national scientific and practical conference, Ulyanovsk, 2021, pp. 226–231. (In Russ.)
6. Sherne V.S., Lavrent'ev A.Ju., Zhestjanova L.V., Mihajlova L.R., *Innovacii v otrasli zhivotnovodstva i veterinarii* (Innovations in the livestock and veterinary industry), International Scientific and Practical Conference, Bryansk, 2021, pp. 405–410. (In Russ.)
7. Kuz'menko L.M., *Zootehnicheskaja nauka Belarusi*, 2020, No. 2, pp. 13–21. (In Russ.)
8. Lazareva M.V., *Aktual'nye problemy lechenija i profilaktiki boleznej molodnjaka* (Topical problems of treatment and prevention of diseases of young animals), Materials of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 2023, pp. 210–215. (In Russ.)
9. Stein H.H., Aspects of digestibility and requirements for minerals and vitamin D by growing pigs and sows, *Animal*, 2024, pp. 101125.
10. Cemin H.S., Carpenter C.B., Woodworth J.C. [et al.], Effect of zinc source and level on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs, *Translational Animal Science*, 2019, No. 3, pp. 742–748.
11. Miller V.A., Lazareva M.V., *Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2023, pp. 1140–1143. (In Russ.)
12. Lihosherst Ju.I., Lazareva M.V., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki* (Issues of veterinary science and practice), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 39–42. (In Russ.)
13. Ziruk I.V., Salautin V.V., *Innovacionnyj put' razvitija svinovodstva stran SNG*, (Innovative way of developing pig breeding in the CIS countries), Proceedings of the Conference Title, Zhodino, 2021, pp. 108–114. (In Russ.)

Информация об авторах:

М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент

Н.А. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор

Contribution of the authors:

M.V. Lazareva, edging. veterinarian. sciences, associate professor

N.A. Shkil, Dr. Vet. sciences, professor, Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ЭКОФЛОР» НА АКТИВНОСТЬ ГЛИКОЗИДАЗ В КИШЕЧНИКЕ СТЕРЛЯДИ

¹Д.В. Микряков, ¹А.Ф. Тарлева, ²А.Д. Жандалгарова

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

E-mail: daniil@ibiw.ru

Для цитирования: Микряков Д.В., Тарлева А.Ф., Жандалгарова А.Д. Влияние пробиотического препарата «Экофлор» на активность гликозидаз в кишечнике стерляди // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 186–193. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-186-193.

Ключевые слова: стерлядь, пробиотик «Экофлор», пищеварение, гликозидазы, слизистая оболочка кишечника, химус.

Реферат. Для поддержания стабильной работы пищеварительного тракта и поддержания микрофлоры в аквакультуре используют пробиотики. Эти препараты содержат комплекс живых бактерий, как правило, лакто- и бифидобактерий. Они регулируют микробиоценоз пищеварительного тракта и вносят существенный вклад в усвоение питательных веществ. Проведено исследование влияния различных дозировок препарата «Экофлор» на активность гликозидаз (амилазы и мальтазы) слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди. Этот пробиотик представляет собой консорциум штаммов лакто- и бифидобактерий: *B. bifidum*, *B. longum* и *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, иммобилизованных на углерод-минеральном сорбенте СУМС-1. Эксперимент проводили на экспериментальной базе Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина. Рыб разделили на четыре группы: контрольную и три опытных, которым добавляли в корм пробиотик в количестве 2, 4, 6 г/кг. Пробы отбирали у пяти особей из каждой группы перед началом и на 7, 14 и 21-е сутки эксперимента. Для получения ферментативно активных препаратов кишечник рыб на стекле ледяной бани освобождали от жира. После разреза химус собирали с помощью шпателя и скребка, затем снимали слизистую оболочку. Полученные навески химуса и слизистой оболочки кишечника гомогенизировали с раствором Рингера pH 7,5 (103 мМ NaCl, 1,9 мМ KCl, 0,45 мМ CaCl₂, 1,4 мМ MgSO₄) при температуре 0–4 °С, для холоднокровных, в разведении 1 : 50. Активность амилазы определяли методом Смита–Роя, в модификации при длине волны 560 нм. Определение активности мальтазы проводили глюкозооксидазным методом с применением набора реагентов для определения глюкозы в биологических жидкостях (ООО «АГАТ-МЕД», Россия), оптическую плотность определяли при длине волны 505 нм. Установлено повышение активности обоих исследуемых ферментов в слизистой оболочке и химусе стерляди через неделю экспериментального кормления. В последующие сроки наблюдения зафиксировано стимулирующее влияние препарата только на секреторную активность мальтазы. Показана зависимость эффективности препарата на активность ферментов от дозировки.

EFFECT OF THE PROBIOTIC PREPARATION “ECOFLOR” ON THE ACTIVITIES OF GLYCOSIDASE IN THE INTESTINES OF STERLET

¹D.V. Mikryakov, ¹A.F. Tarleva, ²A.D. Zhandalgarova

¹Institute for Biology of Inland Waters. I.D. Papanin RAS, Borok, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

E-mail: daniil@ibiw.ru

Keywords: sterlet, probiotic “Ecoflor”, digestion, glycosidase, intestinal mucosa, chyme.

Abstract. Probiotics are used in aquaculture to maintain a stable digestive tract and microflora. These preparations contain a complex of live bacteria, usually lacto- and bifidobacteria. They regulate the microbiocenosis of the digestive tract and make a significant contribution to nutrient assimilation. The effect of different dosages of Ecoflor on the activity of glycosidases (amylase and maltase) in the intestinal mucosa and chyme of sterlet was studied. This probiotic is a consortium of strains of lacto- and bifidobacteria: *B. bifidum*, *B. longum* and *L. acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, immobilized on carbon-mineral sorbent SUMS-1. The experiment was conducted at the experimental base of the I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters. Fish were divided

into 4 groups: control and three experimental groups, to which probiotic was added to the feed in the amount of 2, 4, 6 g/kg. Samples were taken from 5 individuals from each group before and on 7, 14, and 21 days of the experiment. To obtain enzymatically active preparations, the intestines of fish were freed from fat on ice bath glass. After cutting, chyme was collected with a spatula and scraper, then the mucous membrane was removed. The obtained suspensions of chyme and intestinal mucosa were homogenized with Ringer's solution pH 7.5 (103 mMNaCl, 1.9 mMCl, 0.45 mM CaCl₂, 1.4 mM MgSO₄) at 0–4°C, for cold-blooded animals, at a dilution of 1:50. Amylase activity was determined by the Smith-Roy method, as modified at a wavelength of 560 nm. The maltase activity was determined by the glucose oxidase method using a set of reagents for glucose determination in biological fluids (AGAT-MED LLC, Russia), the optical density was determined at a wavelength of 505 nm. The activity of both studied enzymes was found to increase in the mucous membrane and chyme of sterlet after one week of experimental feeding. In the following periods of observation the stimulating effect of the preparation only on the secretory activity of maltase was recorded. The dependence of the drug efficiency on the enzyme activity on the dosage was shown.

Для успешного выращивания объектов аквакультуры большое значение имеет качество кормов. От качественного питания зависят рост, воспроизводство, обмен веществ и товарные качества рыбы. Корм должен обладать не только сбалансированным составом по питательным веществам, но и иметь высокие технические характеристики [1].

При интенсивном кормлении рыб в промышленных условиях, в особенности при замкнутой системе водоснабжения, наблюдается увеличение органического загрязнения и числа условно-патогенных микроорганизмов в водной среде. Эти факторы, а также высокая плотность посадки, стресс при пересадках и других рыбоводных манипуляциях приводят к ухудшению общего состояния живого организма и, как следствие, к возникновению различных заболеваний в результате снижения иммунного ответа [2–4]. В связи с этим особую актуальность приобретают поиски методов повышения устойчивости рыб к различным заболеваниям. Один из таких методов основан на использовании пробиотических препаратов в кормлении рыб.

Известно, что качественный состав микрофлоры кишечника оказывает влияние на состояние иммунной системы рыб [5–8]. Микробиом следует рассматривать как отдельную систему, определяющую процессы жизнедеятельности организма и модулирующую функциональное состояние других органов и тканей [9]. Нормальная микрофлора кишечника обеспечивает колонизационную резистентность – защиту слизистой кишечника от патогенных микроорганизмов, подавляя их развитие и предупреждая инфицирование организма.

Для поддержания стабильной работы пищеварительного тракта и микрофлоры в аквакультуре используют пробиотики. Эти препараты содержат комплекс живых бактерий, как правило, лакто- и бифидобактерий. Они регулируют микробиоценоз пищеварительного тракта и вносят существенный вклад в усвоение питательных веществ. Пробиотические штаммы вырабатывают уксусную и молочную кислоты, необходимые для естественного барьера кишечника, защищающего организм от патогенных микроорганизмов, в том числе дрожжей [10, 11]. Пробиотики продуцируют бактериоцины, угнетающие развитие других микроорганизмов [12], участвуют в расщеплении белков, жиров, углеводов, всасывании и синтезе витаминов, усвоении макро- и микроэлементов [13, 14].

Исследования показали, что обработка пробиотиком «Субтилис» икры, эмбрионов и личинок увеличивает коэффициент выживаемости и снижает естественную смертность рыб на личиночной стадии развития, способствует стимуляции жизнестойкости рыб на ранних этапах онтогенеза и повышению естественного иммунитета [15–18]. Применение пробиотика «Простор» оказывало положительное влияние на численность и родовой состав химуса микробиоценоза кишечника рыб, а также способствовало достоверному повышению активности ряда пищеварительных ферментов: протеаз, амилазы, эндогликанызы и липазы [19].

В связи с доказанной высокой эффективностью применения пробиотических препаратов в аквакультуре, необходим поиск новых, высокоэффективных препаратов, одним из которых является пробиотический препарат «Экофлор». Он представляет собой комплекс бифидобактерий: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*,

Bifidobacterium adolescentis и лактобактерий: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, иммобилизованный на энтеросорбенте СУМС-1. Проведенное ранее исследование показало стимулирующий эффект препарата «Экофлор» на протеолитическую активность слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди на 7 сут эксперимента [20]. В настоящей работе проведено исследование влияния различных дозировок препарата «Экофлор» на активность гликозидаз (амилазы и мальтазы) слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили в середине мая – начале июне на экспериментальной базе «Сунога» Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН на годовиках стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) средней массой $84,0 \pm 1,76$ г. и длиной (TL) $23,4 \pm 0,44$ см. После облова зимовалов рыб в течение двух недель содержали в проточных бассейнах. Далее для эксперимента разделили на четыре группы: контрольную и три опытных.

Стерлядь кормили 6 раз в сутки кормом для рыб (SUPREME-15 3,0 мм) фирмы «Alltech Corpens». Согласно данным производителя в состав этого вида корма входят белки (46 %), жиры (15 %), клетчатка (1,4 %), зола (5,1 %), фосфор (0,85 %) и витамин А (10 000 МЕ/кг). В ходе эксперимента использовали одинаковые корма одной серии. Контрольная группа (I) – простой корм, а опытные с добавлением пробиотического препарата «Экофлор»: II – 2, III – 4, IV – 6 г/кг корма путем нанесения на гранулы желатиновой суспензии препарата, с последующим подсушиванием. Отбор проб проводили перед началом эксперимента, на 7, 14 и 21-е сут. Материал для исследования отбирали у пяти особей из каждой группы. У рыб вскрывали брюшную полость и изымали кишечник. Полученные пробы замораживали при температуре $-18 \dots -22$ °С.

В лабораторных условиях пробы размораживали при комнатной температуре. Для получения ферментативно активных препаратов кишечник рыб на стекле ледяной бани освобождали от жира. После разреза химус собирали с помощью шпателя и скребка, затем снимали слизистую обо-

лочку. Полученные навески химуса и слизистой оболочки кишечника гомогенизировали с раствором Рингера pH 7,5 (103 мМ NaCl, 1,9 мМ KCl, 0,45 мМ CaCl₂, 1,4 мМ MgSO₄) при температуре 0–4 °С, для холоднокровных, в разведении 1 : 50. Осуществляли определение активности ферментов гидролизующих крахмал: α-амилазы КФ 3.2.1.1 и мальтазы КФ 3.2.1. Активность амилазы определяли методом Смита–Роя в модификации при длине волны 560 нм. Определение активности мальтазы проводили глюкозооксидазным методом с применением набора реагентов для определения глюкозы в биологических жидкостях (ООО «АГАТ-МЕД», Россия), оптическую плотность определяли при длине волны 505 нм. Активность ферментов (ЕА) выражали в микромолях глюкозы, образующейся за 1 мин инкубации ферментативно активного препарата и субстрата в расчете на 1 г влажной массы ткани (мкмоль/(г×мин)).

Статистическую обработку данных проводили при помощи стандартного пакета прикладных программ Statistica 10, MS Excel 2010. При сравнении результатов использовали однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. Различия считали значимыми при $p \leq 0,01$ и $0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что активность гликозидаз слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди изменялась в течение всего эксперимента (табл. 1, 2).

На 7 сут активность амилазы слизистой и химуса всех опытных рыб превышала уровень контрольных особей. Наиболее высокие показатели отмечены у опытных рыб III группы. Через две недели после начала эксперимента активность амилазы слизистой в опытных группах была ниже, а в химусе выше, чем в контрольной. Наиболее низкие значения в слизистой и высокие в химусе зафиксированы в III группе. На 21 сут эксперимента уровень фермента у всех опытных рыб был ниже контрольных значений. При этом уровень данного фермента в химусе у опытных рыб во все сроки наблюдения значительно превышал значения, полученные перед началом эксперимента, а в слизистой нет.

Таблица 1

Активность α -амилазы слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди
Activity of α -amylase in the intestinal mucosa and chyme of sterlets

Группа	Слизистая	Химус
Контроль перед опытом	0,78±0,17	0,52±0,21
7 сут		
Контроль	0,54±0,07	0,45 ±0,01
Опыт 2 гр./кг	<u>0,62±0,18</u> + 15,43%	<u>0,66±0,05</u> +45,72%
Опыт 4 гр./кг	<u>0,79±0,08</u> + 47,76%	<u>0,81±0,12</u> +78,80%
Опыт 6 гр./кг	<u>0,54±0,04</u> + 0,39%	<u>0,58±0,01**</u> +28,93%
14 сут		
Контроль	<u>0,82±0,07</u> 100 %	<u>0,82±0,03</u> 100 %
Опыт 2 гр./кг	<u>0,81±0,09</u> -1,60 %	<u>0,98±0,15</u> +2,02%
Опыт 4 гр./кг	<u>0,64±0,02</u> -22,50%	<u>1,12±0,05*</u> +36,45%
Опыт 6 гр./кг	<u>0,73±0,003</u> -11,88 %	<u>0,84±0,03</u> +2,58%
21 сут		
Контроль	<u>0,84±0,09</u> 100 %	<u>1,11±0,05</u> 100 %
Опыт 2 гр./кг	<u>0,61±0,05</u> -27,17%	<u>1,01±0,06</u> -9,00%
Опыт 4 гр./кг	<u>0,76±0,08</u> -9,65%	<u>2,93±0,03</u> -13,66 %
Опыт 6 гр./кг	<u>0,69±0,03</u> -17,06	<u>0,85±0,04*</u> -23,61%

Примечание. Над чертой – уровень ферментативной активности, под чертой – изменение активности, α -амилазы, % от контроля, принятого за 100. Здесь и в табл. 2: * – значимые различия между опытом и контролем при $p < 0,05$, ** – при $p < 0,01$.

Через неделю наблюдения у рыб, получавших с кормом «Экофлор», активность мальтазы слизистой и химуса аналогично амилазе превышала показатели контрольных особей. В этот

срок максимальные показатели зафиксированы в слизистой у особей в III и IV групп, а в химусе у III группы.

Таблица 2

Активность мальтазы слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди
Activity of maltase in the intestinal mucosa and chyme of sterlets

Группа	Слизистая	Химус
1	2	3
Контроль перед опытом	1,58±0,05	1,43±0,07
7 сут		
Контроль	1,56±0,18	1,46±0,02
Опыт 2 гр./кг	<u>1,67±0,04</u> + 6,93%	<u>1,50±0,07</u> +3,20%

1	2	3
Опыт 4 гр./кг	$2,11 \pm 0,24$ + 35,34%	$1,77 \pm 0,05$ +21,56%
Опыт 6 гр./кг	$2,28 \pm 0,28$ + 45,93%	$1,48 \pm 0,01$ +1,49%
14 сут		
Контроль	$2,27 \pm 0,03$ 100 %	$1,81 \pm 0,13$ 100 %
Опыт 2 гр./кг	$2,10 \pm 0,06^{**}$ -7,26 %	$2,11 \pm 0,04$ +16,74 %
Опыт 4 гр./кг	$3,09 \pm 0,004^{*}$ +36,05%	$2,51 \pm 0,20$ +38,78%
Опыт 6 гр./кг	$2,70 \pm 0,10$ +18,90%	$1,84 \pm 0,08^{*}$ +1,47%
21 сут		
Контроль	$1,42 \pm 0,02$ 100 %	$2,38 \pm 0,12$ 100 %
Опыт 2 гр./кг	$2,12 \pm 0,08^{*}$ +49,35%	$3,06 \pm 0,04$ +6,96%
Опыт 4 гр./кг	$3,02 \pm 0,05$ +52,01%	$2,93 \pm 0,023$ -2,28%
Опыт 6 гр./кг	$2,99 \pm 0,03$ +40,55%	$3,44 \pm 0,18^{*}$ +44,51%

Примечание. Над чертой – уровень ферментативной активности, под чертой – изменение активности мальтазы, % от контроля, принятого за 100.

После двух недель во всех экспериментальных группах наблюдали превышение активности мальтазы данных контрольных рыб, за исключением показателей слизистой II группы. На 21 сут после начала опыта зафиксирована аналогичная высокая активность данного фермента в слизистой и химусе всех опытных особей по сравнению с контролем, за исключением показателей в химусе у особей III группы. Максимальные показатели активности мальтазы отмечены на 21 сут после начала опыта и составили 52 % для слизистой и 45 % для ферментов химуса. У опытных рыб как в слизистой, так и в химусе уровень мальтазы во все сроки наблюдения значительно превышал значения, полученные перед началом эксперимента.

Рыбам присущи все известные в настоящее время типы пищеварения. Процесс мембранного пищеварения осуществляют две группы ферментов, которые различаются по механизму действия на субстраты. Первая – эндогидролазы (α -амилаза, липаза, трипсин, химотрипсин и др.), обеспечивающие процессы полостного пищеварения. Они функционируют преимущественно в растворе и

осуществляют промежуточный этап пищеварения. Вторая – эндогидролазы, собственно кишечные гидролазы (эстеразы, сахараза, мальтазы, пептидазы, щелочная фосфатаза и др.), реализующие заключительный этап гидролиза пищевых субстратов. Они локализованы на структурах щеточной каймы энтероцитов, и их активность связана со слизистой кишечника. Имеющая важное значение в гидролизе полисахаридов α -амилаза синтезируется ацинарными клетками поджелудочной железы, воздействует на 1,4- α -гликозидные связи центральных участков полимеров. Синтезируемая энтероцитами мальтаза (КФ 3.2.1.20) участвует в гидролизе ди-, олиго- и полисахаридов до моносахаридов [21, 22].

Анализ данных показал различное влияние компонентов пробиотического препарата «Экофлор» на представителей обеих групп ферментов, участвующих в процессе мембранного пищеварения. Высокие показатели опытных рыб, зафиксированные на 7 сут, свидетельствуют об усилении активности гидролиза. Положительное влияние отмечено во всех опытных группах. Аналогичный положительный эффект в данные

сроки наблюдения отмечен при исследовании влияния препарата «Экофлор» на протеолитическую активность слизистой оболочки кишечника и химуса стерляди [20]. В дальнейшем влияние пробиотика на активность исследуемых ферментов слизистой оболочки и химуса кишечника рыб носит разнонаправленный характер. Через две недели положительный эффект на уровень α -амилазы зафиксирован только в химусе. Тогда как количественные показатели мальтазы в слизистой оболочке и химусе кишечника почти во всех группах выше контрольных значений. Результаты, полученные в конце эксперимента, свидетельствуют о том, что по мере накопления в организме комплекс бактерий исследуемого препарата оказывает отрицательное воздействие на механизм активации α -амилазы и положительное на мальтазу. Возможно, компоненты пробиотика влияют не только на определяемую в ходе исследования активность ферментов, но и на процессы их синтеза. Проверка данного предположения требует проведения дополнительных исследований.

Полученные данные также свидетельствуют о значительном воздействии дозировки пробиотика на ферментативную активность гликозидаз. О наиболее значительном влиянии дозы 4 г/кг корма указывают показатели α -амилазы на 7 сут и мальтазы на 7 и 14 сут. В конце эксперимента в слизистой и в химусе опытных рыб IV группы более высокая дозировка препарата увеличивает активность мальтазы, но при этом значительно уменьшает активность α -амилазы.

Обнаруженные различия в активности гидролаз могут быть связаны с тем, что исследования проводили после зимовки в период активного питания рыб. Показано, что ферментативная активность при продолжительном голодании уменьшается и, наоборот, увеличивается после возобновления питания [23, 24]. Усиление активности гликозидаз отмечено при повышении температуры воды [25]. Также изменения активности ферментов могут быть связаны со стрессовыми факторами (пересадка, отлов, хэндлинг и т.п.).

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что добавление в корм пробиотического препарата «Экофлор» оказывает влияние на активность α -амилазы и мальтазы слизистой и химуса стерляди.
2. Повышение активности обоих исследуемых ферментов зафиксировано через неделю экспериментального кормления.
3. В последующие сроки наблюдения стимулирующее влияние компонентов препарата отмечено только на секреторную активность мальтазы, тогда как активность α -амилазы значительно снизилась.
4. Эффективность воздействия значительно зависела от дозировки пробиотика.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01019.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
2. Котлярчук М.Ю. Микробный пейзаж карпа (*Cyprinus carpio* L.) при выращивании в установке с замкнутым циклом водообеспечения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калининград, 2004. – 21 с.
3. Казарникова А.В., Шестаковская Е.В. Основные заболевания осетровых рыб в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – 104 с.
4. Pridgeon Ju. W., Klesius P.H. Major bacterial diseases in aquaculture and their vaccine development // CAB Reviews. – 2012. – Vol. 7 (48). – P. 1–16. – DOI: 10.1079/PAVSNNR20127048.
5. Distinct signals from the microbiota promote different aspects of zebrafish gut differentiation / J.M. Bates, E. Mittge, J. Kuhlman [et al.] // Developmental Biology. – 2006. – Vol. 297, Is. 2. – P. 374–386.
6. Individual Members of the Microbiota Disproportionately Modulate Host Innate Immune Responses / A.S. Rolig, R. Parthasarathy, A.R. Burns [et al.] // Cell Host & Microbe. – 2015. – V. 18, Is. 5. – P. 613–620.
7. Distinct immune tones are established by *Lactococcus lactis* BFE920 and *Lactobacillus plantarum* FGL0001 in the gut of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) / B.R. Beck, J.H. Song, B.S. Park [et al.] // Fish & Shellfish Immunology. – 2016. – Vol. 55. – P. 434–443.
8. Intestinal microbiome adjusts the innate immune setpoint during colonization through negative regulation of MyD88 / B.E.V. Koch, S. Yang, G. Lamers [et al.] // Nat Commun. – 2019. – Vol. 10(1). – P. 526–536.
9. Роль микробиоценоза в становлении здоровья / П.В. Шумилов, Г.А. Асмолова, А.П. Продеус [и др.] // Эффективная фармакотерапия. Педиатрия. – 2015. – № 4–5 (41). – С. 6–10.
10. Ардатская М.Д. Клиническое значение короткоцепочечных жирных кислот при патологии желудочно-кишечного тракта: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2003. – 45 с.

11. Mischke M., Plösch T. The Gut Microbiota and their Metabolites: Potential Implications for the Host Epigenome // *Adv Exp Med Biol.* – 2016. – Vol. 902. – P. 33–44.
12. Дышло Л.С., Кригер О.В., Миленцева И.С. Введение в направление. Биотехнология: учеб. пособие. – Кемерово: КемТИПП, 2014. – 157 с.
13. Головин М.А., Ганина В.И. Новый штамм бифидобактерий как фактор повышения биобезопасности пищевых продуктов питания // *Техника и технология пищевых производств.* – 2012. – Т. 4, № 27. – С. 139–144.
14. Несчислаев В.А. Пробиотики: ретроспектива, проблемы и достижения научно-производственной практики НПО «Биомед» // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* – 1998. – Т. 2. – С. 100–102.
15. Кулаков Г.В. Субтилис – натуральный концентрированный пробиотик. – М., 2003. – 48 с.
16. Ткачева И.В., Тищенко Н.Н. Применение пробиотических препаратов «Субтилис» и «СУБ-Про» в комбикормах для осетровых // *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – 2011. – № 28. – С. 122–124.
17. Шульга Е.А. Пробиотики в кормлении осетровых рыб при товарном выращивании: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2009. – 24 с.
18. Бычкова Л.И., Юхименко Л.Н., Ходак А.Г. Пробиотический препарат «Суб-Про» (Субалин): профилактика и лечение бактериальных болезней рыб // *Рыбоводство.* – 2007. – № 2. – С. 33–35.
19. Зуенко В.А. Использование пробиотика на основе бактерий *Bacillus subtilis* как резерв повышения продуктивности при выращивании рыб в садковых хозяйствах // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-в XIV Междунар. науч.-практ. конф. Кн. 2.* – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2019. – С. 137–138.
20. Тарлева А.Ф., Микряков Д.В., Жандалгарова А.Д. Влияние пробиотического препарата «Экофлор» на активность пептидаз кишечника стерляди // *Международный вестник ветеринарии.* – 2024. – № 1. – С. 215–223.
21. Уголев А.М. Мембранное пищеварение. Полисубстратные процессы, организация и регуляция. – Л.: Наука, 1972. – 356 с.
22. Уголев А.М., Кузьмина В.В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. – СПб.: Гидрометеоздат, 1993. – 238 с.
23. *Compensatory growth in juvenile roach Rutilus caspicus: effect of starvation and re-feeding on growth and digestive surface area* / M. Abolfathi, A. Hajimoradloo, R. Ghorbani, A. Zamani // *J. Fish Biol.* – 2012. – Vol. 81, № 6. – P. 1880–1890.
24. *Changes in digestive enzyme activities of red porgy Pagrus pagrus during a fasting–refeeding experiment* / G. Caruso, M.G. Denaro, R. Caruso [et al.] // *Fish Physiol Biochem.* – 2014. – Vol. 40, № 5. – P. 1373–1382.
25. Голованова И.Л., Голованов В.К. Пищеварительные гликозидазы рыб в условиях повышения температуры среды (обзор) // *Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН.* – 2015. – № 72 (75). – С. 50–59.

REFERENCES

1. Shcherbina M.A., Gamygin E.A., *Kormlenie ryb v presnovodnoi akvakul'ture* (Feeding fish in freshwater aquaculture), Moscow: Izdatel'stvo VNIRO, 2006, 360 p.
2. Kotlyarchuk M.Yu., *Mikrobnyi peizazh karpa (Cyprinus carpio L.) pri vyrashchivanii v ustanovke s zamknutym tsiklom vodoobespecheniya* (Microbial landscape of carp (Cyprinus carpio L.) grown in a closed-loop water supply system), abstract of dis. ... candidate of biological sciences, Kaliningrad, 2004, 21 p.
3. Kazarnikova A.V., Shestakovskaya E.V., *Osnovnye zabolevaniya osetrovyykh ryb v akvakul'ture* (Main diseases of sturgeon fish in aquaculture), Moscow: Izdatel'stvo VNIRO, 2005, 104 p.
4. Julia W.P. Klesius P.H., Major bacterial diseases in aquaculture and their vaccine development, *CAB Re-views*, 2012, Vol. 7 (48), pp. 1–16.
5. Bates J.M., Mittge E., Kuhlman J., Baden K.N., Cheesman S.E., Guillemin K., Distinct signals from the microbiota promote different aspects of zebrafish gut differentiation, *Developmental Biology*, 2006, Vol. 297, Is. 2, pp. 374–386.
6. Rolig A.S., Parthasarathy R., Burns A.R., Bohannon B.J.M., Guillemin K., Individual Members of the Microbiota Disproportionately Modulate Host Innate Immune Responses, *Cell Host & Microbe*, 2015, Vol. 18, Is. 5, pp. 613–620.
7. Beck B.R., Song J.H., Park B.S., Kim D., Kwak J.-H., Ki Do H., Kim A.-R., Kim W.-J., Song S.K., Distinct immune tones are established by *Lactococcus lactis* BFE920 and *Lactobacillus plantarum* FGL0001 in the gut of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), *Fish & Shellfish Immunology*, 2016, Vol. 55, pp. 434–443.
8. Koch B.E.V., Yang S., Lamers G., Stougaard J., Spaink H.P., Intestinal microbiome adjusts the innate immune set-point during colonization through negative regulation of MyD88, *Nat Commun*, 2019, Vol. 10(1), pp. 526–536.
9. Shumilov P.V., Asmolova G.A., Prodeus A.P., Mazankova L.N., *Effektivnaya farmakoterapiya. Peditriya*, 2015, No. 4–5 (41), pp. 6–10. (In Russ.)

10. Ardatskaya M.D., *Klinicheskoe znachenie korotkotsepochechnykh zhirnykh kislot pri patologii zheludochno-kishechnogo trakta* (Clinical significance of short-chain fatty acids in gastrointestinal tract pathology), Abstract of diss. ... Doctor of Medical Sciences, Moscow, 2003, 45 p.
11. Mischke M., Plösch T., The Gut Microbiota and their Metabolites: Potential Implications for the Host Epigenome, *Adv Exp Med Biol*, 2016. Vol. 902, pp. 33–44.
12. Dyshlyuk, L.S., Kriger O.V., Milent'eva I.S., *Vvedenie v napravlenie. Biotehnologiya: uchebnoe posobie* (Introduction to the direction. Biotechnology: a tutorial), Kemerovo: KemTIPP, 2014, 157 p.
13. Golovin M.A., Ganina V.I., *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2012, Vol. 4, No. 27, pp. 139–144. (In Russ.)
14. Neschislyayev V.A., *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 1998, T. 2, pp. 100–102. (In Russ.)
15. Kulakov G.V. *Subtilis – natural'nyi kontsentrirrovannyi probiotik* (Subtilis is a natural concentrated probiotic), Moscow: Vizavi, 2003, 48 p.
16. Tkacheva I.V., Tishchenko N.N., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, № 28, pp. 122–124. (In Russ.)
17. Shulga E.A., *Probiotiki v kormlenii osetrovyykh ryb pri tovarnom vyrashchivanii* (Probiotics in feeding sturgeon fish during commercial farming), Abstract of dis. ... Cand. of Biological Sciences, Astrakhan, 2009, 24 p.
18. Bychkova L.I., Yukhimenko L.N., Khodak A.G., *Rybovodstvo*, 2007, No. 2, pp. 33–35. (In Russ.)
19. Zuenko V.A., *Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu* (Agricultural science - for agriculture), Collection of materials of the XIV International scientific and practical conference, Barnaul: Altai State Agrarian University, 2019, pp. 137–138.
20. Tarleva A.F., Mikryakov D.V., Zhandalgarova A.D., *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*, 2024, No. 1, pp. 215–223. (In Russ.)
21. Ugolev A.M., *Membrannoe pishchevarenie. Polisubstratnye protsessy, organizatsiya i regulatsiya* (Membrane digestion. Polysubstrate processes, organization and regulation), Leningrad: Nauka, 1972, 356 p.
22. Ugolev A.M., Kuz'mina V.V., *Pishchevaritel'nye protsessy i adaptatsii u ryb* (Digestive processes and adaptations in fish), Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993, 238 p.
23. Abolfathi M., Hajimoradloo A., Ghorbani R., Zamani A., Compensatory growth in juvenile roach *Rutilus caspicus*: effect of starvation and re-feeding on growth and digestive surface area, *J. Fish Biol*, 2012, Vol. 81, No. 6, pp. 1880–1890.
24. Caruso G., Denaro M.G., Caruso R., De Pasquale F., Genovese L., Maricchiolo G., Changes in digestive enzyme activities of red porgy *Pagrus pagrus* during a fasting–re-feeding experiment, *Fish Physiol Biochem*, 2014, Vol. 40, No. 5, pp. 1373–1382.
25. Golovanova I.L., Golovanov V.K., *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod im. I.D. Papanina RAN*, 2015, No. 72 (75), pp. 50–59. (In Russ.)

Информация об авторах:

Д.В. Микряков, кандидат биологических наук

А.Ф. Тарлева, кандидат биологических наук

А.Д. Жандалгарова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы»

Contribution of the authors:

D.V. Mikryakov, ph. D. biol. sciences

A.F. Tarleva, ph. D. biol. sciences

A.D. Zhandalgarova, ph. D. Agricultural. Sciences, Associate Professor of the Department of Aquaculture and Water Bioresources

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПРИМЕНЕНИЕ ГОНАДОТРОПИНОВ НА САМКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВИДОВ С КРУГЛОГОДИЧНЫМ И СЕЗОННЫМ ТИПОМ ВОСПРОИЗВОДСТВА

¹Д.В. Попов, ²В.Ю. Бабенков, ¹Т.Т. Глазко, ¹Г.Ю. Косовский

¹ФГБНУ Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, гпт. Родники Московской обл., Россия

²Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста, Россия

E-mail: popov.bio@gmail.com

Для цитирования: Применение гонадотропинов на самках сельскохозяйственных видов с круглогодичным и сезонным типом воспроизводства / Д.В. Попов, В.Ю. Бабенков, Т.Т. Глазко, Г.Ю. Косовский // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 194–214. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-194-214.

Ключевые слова: коровы-доноры эмбрионов, крольчихи, американская норка, гонадотропины, суперовуляция, фолликулы, фолликулогенез, эмбрионы.

Реферат. В работе определяли эффективность индукции суперовуляции и фолликулогенеза у самок сельскохозяйственных видов с мало- и многоплодным типом беременности, а также с сезонным и круглогодичным проявлением эструса, различными режимами введения препарата ФСГ-супер. Впервые проведены исследования по применению гипофизарных гонадотропинов на самках с различным типом воспроизводства с целью индукции суперовуляции, фолликулогенеза и овуляции в различные сезоны года. Индукцию суперовуляции проводили у коров-доноров эмбрионов специализированных и аборигенных пород и различного направления продуктивности в течение года при одинаковых условиях содержания. Индукцию фолликулогенеза проводили у самок домашнего кролика при содержании в шедрах и виварии в течение года и у самок американской норки при содержании в шедрах и виварии как в сезон воспроизводства, так и вне сезона половой активности. При использовании однократных режимов введения препарата ФСГ-супер в сочетании с пролонгаторами поливиниловый спирт и полиэтиленгликоль ответная реакция коров-доноров эмбрионов и самок кролика более эффективна по сравнению с классическим протоколом с многократными инъекциями. Также выявлено, что коровы аборигенной калмыцкой породы реагируют на введение гонадотропинов с целью индукции суперовуляции только в период их воспроизводства летом и ранней осенью. Крольчихи в течение года давали стабильный положительный эффект на введение гонадотропинов при содержании в виварии, тогда как при содержании в шедрах в некоторые месяцы уровень ответной реакции снижался. Самки американской норки при содержании в условиях виварии реагировали на введение препарата ФСГ-супер как в сезон воспроизводства, так и вне сезона половой активности, в отличие от животных, содержащихся в шедрах. Установлено, что эффективность гонадотропной стимуляции самок с целью индукции суперовуляции зависит от режима введения препарата и факторов окружающей среды. Введение норкам ФСГ-супер с пролонгаторами и содержание в условиях виварии способствует преодолению факторов сезонной изменчивости воспроизводства, что может быть существенным для разработок методов эмбриотрансплантации у животных с сезонным типом размножения с желательными фенотипическими характеристиками.

USE OF GONADOTROPINS ON FEMALES OF AGRICULTURAL SPECIES WITH YEAR-ROUND AND SEASONAL TYPE OF REPRODUCTION

¹D.V. Popov, ²W.Yu. Babenkov, ¹T.T. Glazko, ¹G.Yu. Kosovsky

¹Afanas'ev Research Institute of Fur-Bearing Animal Breeding and Rabbit Breeding, gpt. Rodniki, Moscow region, Russia

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

E-mail: popov.bio@gmail.com.

Keywords: embryo donor cows, rabbits, American mink, gonadotropins, superovulation, follicles, folliculogenesis, embryos.

Abstract. *In this work we determined the efficiency of induction of superovulation and folliculogenesis in females of agricultural species with low- and multiple-fetal type of pregnancy, as well as with seasonal and year-round manifestation of estrus, by different modes of FSH-super preparation administration. For the first time studies on the use of pituitary gonadotropins on females with different types of reproduction for the induction of superovulation, folliculogenesis and ovulation in different seasons of the year were conducted. Superovulation induction was performed in embryo donor cows of specialized and aboriginal breeds and different directions of productivity during the year under the same housing conditions. Induction of folliculogenesis was carried out in female domestic rabbits when kept in shelters and vivariums during the year and in female American mink when kept in shelters and vivariums, both in the season of reproduction and outside the season of sexual activity. When using single injection regimens of FSH-super in combination with prolongers polyvinyl alcohol and polyethylene glycol, the response of embryo donor cows and female rabbits is more effective compared to the classical protocol with multiple injections. It was also revealed that cows of the aboriginal Kalmyk breed respond to the administration of gonadotropins for superovulation induction only during their reproductive period in summer and early fall. Rabbits during the year gave a stable positive effect on the introduction of gonadotropins when kept in the vivarium, while the level of response decreased in some months when kept in shelters. Female American minks under vivarium conditions responded to the administration of FSH-super both in the season of reproduction and outside the season of sexual activity, in contrast to animals kept in shelters. It was found that the effectiveness of gonadotropic stimulation of females for the purpose of superovulation induction depends on the mode of drug administration and environmental factors. Administration of FSH-super with prolongers to mink and keeping in vivarium conditions contributes to overcoming the factors of seasonal variability of reproduction, which may be essential for the development of embryotransplantation methods in animals with seasonal type of reproduction with desirable phenotypic characteristics.*

Применение различных гонадотропинов в животноводстве является одним из основных инструментов для направленной регуляции физиологических процессов репродуктивной системы самок и самцов. Обычно с этой целью используются гормональные препараты, содержащие следующие гормоны: гонадотропин-рилизинг-гормон (ГнРГ), фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) и лютеинизирующий гормон (ЛГ), а также препараты лютеолитического действия, содержащие аналоги простагландина F2 α [1]. В организме эти гормоны действуют на уровне гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси и по принципу эндокринной связи оказывают свое физиологическое влияние на органы мишени. Так, выработавшийся в гипоталамусе ГнРГ оказывает свое воздействие на гипофиз, который, в свою очередь, выделяет ФСГ и ЛГ, которые окажут воздействие на гонады и регуляцию процессов, связанных с фолликулогенезом и овуляцией или сперматогенезом [2–4]. Стоит отметить, что синтез и выделение этих гормонов в организме не постоянны и при модуляции этих процессов следует учитывать как внутренние (механизм обратной связи с гонадами), так и внешние факторы (фотопериод, феромоны, питание и метаболический статус), определяющие амплитуду и частоту пиков их концентрации. Кроме того, известно, что у большинства млекопитающих содержание в гипофизе ЛГ до десяти раз выше, чем содержание ФСГ, что также имеет значение при экзогенном введении этих гонадотропинов [3–5].

Препараты, содержащие гонадотропные гормоны, в животноводстве используют в различных программах по воспроизводству. По своему происхождению данные препараты делятся на содержащие гонадотропины гипофизарного происхождения ФСГ-супер (ООО «АГРОБИОМЕД», Россия), Pluset (Laboratorios Calier, S.A., Испания), полученные из гипофиза свиней, и сывороточные Фоллимаг (ЗАО «Мосагроген», Россия), Фоллигон (Intervet International B.V., Нидерланды), полученные из сыворотки жеребых кобыл (ГСЖК). Как правило, эти препараты используют в основном с целью индукции фолликулогенеза, овуляции, а также для терапевтической коррекции некоторых дисфункций яичников. Кроме того, введение высоких доз самкам экзогенного ФСГ побуждает множественный рост фолликулов, не типичный для малоплодных видов млекопитающих, а введение ЛГ – их овуляцию, что успешно используется при получении эмбрионов животных методом *in vivo*. Применение гипофизарных гонадотропинов для индукции суперовуляции у самок-доноров эмбрионов предпочтительнее сывороточных гонадотропинов тем, что длительное воздействие высоких доз ГСЖК может оказать отрицательное влияние на овуляцию, вызвать образование второй фолликулярной волны, что приведет к негативным проявлениям в яичниках в виде поликистозов, фолликулярных кист и т.д. [5]. Это обусловлено долгим периодом распада и выведения из организма ГСЖК, в то время как препараты с гипофизарными гонадотропинами

действуют в организме до 4–6 ч. Такой быстрый период элиминации гипофизарных гонадотропинов определяет протоколы их применения самкам для индукции суперовуляции, заключающиеся в многократном дробном введении на протяжении 3–4 дней, что вносит свои неудобства. В России с целью индукции суперовуляции в основном используют препарат ФСГ-супер. Данный препарат гипофизарного происхождения высокой степени очистки и имеет оптимальное соотношение для животных ФСГ 1 000–1 500 ед. / ЛГ 1 ед. [6].

Для того чтобы избежать многократных инъекций, разработаны протоколы однократного введения данных препаратов с применением различных пролонгаторов [7–9]. Так, в нашей стране впервые были проведены исследования с целью повышения эффективности процедуры индукции суперовуляции однократной инъекцией препарата ФСГ-супер в сочетании с пролонгатором поливиниловый спирт (ПВС) на калмыцкой породе крупного рогатого скота [10]. Известно, что крупный рогатый скот калмыцкой породы мясного направления продуктивности имеет высокие адаптивные характеристики, неприхотлив к условиям содержания, имеет свои генетические особенности [11] и обладает выраженной сезонностью воспроизводства. В то же время другими исследователями была показана эффективность использования в качестве пролонгатора полиэтиленгликоль (ПЭГ) при индукции суперовуляции препаратом ФСГ-супер, как на коровах–донорах эмбрионов других пород, так и на самках различных видов животных [12, 13].

В промышленных целях в мире в 2021 г. было получено методом *in vivo* 386 374 и методом *in vitro* 1 521 018 эмбрионов крупного рогатого скота, эмбрионов овец методом *in vivo* – 41 183 и методом *in vitro* – 626, эмбрионов лошадей методом *in vivo* – 25 475 и методом *in vitro* – 11 619, эмбрионов коз методом *in vivo* – 11 193 и методом *in vitro* – 6 355. Как видно из этих данных, основным сельскохозяйственным видом в индустриальном получении эмбрионов сельскохозяйственных животных остается крупный рогатый скот. Это обусловлено не только коммерческими факторами, но и в какой-то степени уровнем научных разработок методов и подходов репродуктивных биотехнологий для данного вида. В то же время необходимость и актуальность применения этих технологий на других видах сельскохозяйственных животных с учетом биологических особенностей вида (полиэстричность, сезонность,

многоплодие) определяется объективными факторами, такими как сокращение биоразнообразия, коммерческая целесообразность, интенсификация хозяйственной деятельности и т.д. [14–16]. Кроме того, возникновение пандемий и появление зооантропонозной передачи инфекции приводит к прекращению деятельности целых отраслей животноводства и полной элиминации из зоокультуры некоторых видов [17, 18]. Таким образом, для сохранения и увеличения эффективной численности видов особенно значимыми подходами репродуктивной биотехнологии становятся такие этапы и методы, как гормональная регуляция фолликулогенеза и овуляции, получение эмбрионов млекопитающих методами *in vivo* и *in vitro*, трансплантация эмбрионов самкам-реципиентам, а также криоконсервация гамет и эмбрионов с целью их банкирования и сохранения генетических ресурсов. Кроме того, как отмечалось выше, одной из проблем при индукции суперовуляции у самок–доноров эмбрионов с использованием гипофизарных гонадотропинов является необходимость многократных дробных инъекций гормональных препаратов. А такие проявления, как сезонная половая активность у отдельных видов, и/или пород сельскохозяйственных животных также остается ограничивающим фактором применения репродуктивных биотехнологий. Таким образом, разработка протоколов и режимов введения гонадотропных препаратов с учетом видоспецифичных биологических особенностей и сокращением числа инъекций является актуальной задачей. В этой связи в настоящей работе выполнены исследования эффективности различных протоколов введения препарата ФСГ-супер для индукции суперовуляции, фолликулогенеза и овуляции на самках некоторых сельскохозяйственных видов, отличающихся по физиологии воспроизводства проявлением сезонности, эстральной цикличностью, количеством плодов, принадлежащих к разным отрядам (крупный рогатый скот – *Bos taurus*, домашний кролик – *Oryctolagus cuniculus* и Американская норка *Neogale vison*).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Животные

В качестве модельных объектов использовали самок ($n = 582$) следующих сельскохозяйственных видов и пород:

Крупный рогатый скот *Bos Taurus*, породы: айрширская, красная горбатовская, абердин-ангусская, калмыцкая.

Домашний кролик *Oryctolagus cuniculus*, породы: советская шиншилла, белый великан, калифорнийская.

Американская норка *Neogale vison*, окрас: серебристо-голубая, черно-коричневая.

Препараты

Для индукции фолликулогенеза и овуляции применяли препараты ФСГ-супер, эстрофан,

хорионический гонадотропин человека (ХГЧ), Сурфагон.

Протоколы введения препаратов

Крупный рогатый скот *Bos Taurus*

Для определения эффективности применения препарата ФСГ-супер на коровах-донорах эмбрионов были проведены процедуры индукции суперовуляции по следующим протоколам (табл. 1)

Таблица 1

Протоколы введения гормональных препаратов коровам-донорам для индукции суперовуляции Protocols for administration of hormonal preparations to donor cows for induction of superovulation

День исследования	Протокол I	Протокол II	Протокол III
	Классический протокол индукции СО препаратом ФСГ-супер	Однократная инъекция ФСГ-супер с ПВС	Однократная инъекция ФСГ-супер с ПЭГ
0-й день	Выявление в охоте	Выявление в охоте	Выявление в охоте
10-й день	Инъекция ФСГ-супер У*: 250 МЕ в/м В*: 250 МЕ в/м	Инъекция ФСГ-супер + ПВС У: 1000 МЕ п/к	Инъекция ФСГ-супер + ПЭГ У: 1000 МЕ п/к
11-й день	Инъекция ФСГ-супер У: 150 МЕ в/м; В: 150 МЕ в/м	—	—
12-й день	Инъекции ФСГ-супер; эстрофан У: 100 МЕ в/м; 2мл в/м В: 100 МЕ в/м; 2мл в/м	Инъекции эстрофан У: 2мл в/м В: 2мл в/м	Инъекции эстрофан У: 2мл в/м В: 2мл в/м
14–15-й день	Искусственное осеменение	Искусственное осеменение	Искусственное осеменение
21-й день	Вымывание эмбрионов	Вымывание эмбрионов	Вымывание эмбрионов

* У – утро, В – вечер.

По представленным в табл. 1 протоколам были обработаны следующие животные:

1. Коровы айрширской породы (обработки проводили в течение года в условиях молочно-товарной фермы с привязным содержанием): протокол I ($n = 44$), протокол II ($n = 53$), протокол III ($n = 47$);

2. Коровы красной горбатовской породы (обработки проводили в течение года в условиях молочно-товарной фермы с привязным содержанием): протокол I ($n = 17$), протокол II ($n = 18$), протокол III ($n = 15$);

3. Коровы абердин-ангусской породы (обработки проводили в течение года в условиях пастбища и кормовой площадки): протокол I ($n = 15$), протокол II ($n = 19$), протокол III ($n = 14$);

4. Коровы калмыцкой породы (обработки проводили в период апрель–октябрь в условиях пастбищного содержания): протокол I ($n = 15$), протокол II ($n = 19$), протокол III ($n = 14$).

На 21-й день каждого исследования проводили процедуру вымывания эмбрионов по методике, представленной в следующих работах [19].

Домашний кролик *Oryctolagus cuniculus*

Для определения эффективности применения препарата ФСГ-супер на крольчихах-донорах эмбрионов были проведены процедуры индукции фолликулогенеза и овуляции по следующим протоколам (табл. 2)

Таблица 2

Протоколы введения гормональных препаратов крольчихам-донорам для индукции фолликулогенеза и овуляции
Protocols for administration of hormonal preparations to donor rabbits for induction of folliculogenesis and ovulation

День исследования	Протокол I	Протокол II	Протокол III
	Классический протокол применения ФСГ-супер	Однократная инъекция ФСГ-супер с ПВС	Однократная инъекция ФСГ-супер с ПЭГ
1-й день	Инъекция ФСГ-супер У: 15 МЕ в/м В: 15 МЕ в/м	Инъекция ФСГ супер + ПВС 66 МЕ в/м	Инъекция ФСГ супер + ПЭГ 66 МЕ в/м
2-й день	Инъекция ФСГ-супер У: 10 МЕ в/м В: 10 МЕ в/м	–	–
3-й день	Инъекция ФСГ-супер У: 8 МЕ в/м В: 8 МЕ в/м	–	–
4 день	Искусственное осеменение / Инъекция ЧХГ 100 МЕ в/в		
7 день	Лапаротомия, учет реакции, вымывание эмбрионов		

По представленным в табл. 2 протоколам были обработаны следующие животные:

1. Крольчихи породы советская шиншилла (обработки проводили в течение года в условиях шедового содержания – Ш и в условиях вивария – В): протокол I: Ш – $n = 19$, В – $n = 15$; протокол II: Ш – $n = 17$, В – $n = 14$; протокол III: Ш – $n = 18$, В – $n = 16$;

2. Крольчихи – породы белый великан (обработки проводили в течение года в условиях шедового содержания – Ш и в условиях вивария – В): протокол I: Ш – $n = 14$, В – $n = 12$; протокол II: Ш – $n = 12$, В – $n = 13$; протокол III: Ш – $n = 15$, В – $n = 14$.

3. Крольчихи – породы калифорнийская (обработки проводили в течение года в условиях шедового содержания – Ш и в условиях вивария – В): протокол I: Ш – $n = 13$, В – $n = 11$; протокол II: Ш – $n = 12$, В – $n = 10$; протокол III: Ш – $n = 15$, В – $n = 13$.

На 7-й день каждого исследования проводили процедуру вымывания эмбрионов по методике, представленной в следующих работах [20].

Американская норка *Neogale vison*

Для определения эффективности применения препарата ФСГ-супер на самках американской норки были проведены процедуры индукции фолликулогенеза по следующему протоколу (табл. 3).

Таблица 3

Протокол введения гормональных препаратов для индукции фолликулогенеза у самок норок
Protocol of hormone administration for folliculogenesis induction in female minks

День введения	Биорегулятор / процедура	Доза, способ введения
День 0-й	Лапаротомия ГнРГ (Сурфагон),	0,25 мл в/м
День 4-й	ФСГ + пролонгатор (полиэтиленгликоль)	25 И.Е. п/к
День 7-й	Лапаротомия учет реакции	–

По представленному в табл. 3 протоколу были обработаны следующие животные:

1. Самки американской норки, цветовой тип серебристо-голубая (обработки проводили в период воспроизводства и вне сезона половой активности для данного вида августе-сентябре условиях шедового содержания – Ш и в условиях вивария – В): Ш – $n = 7$, В – $n = 4$, в период воспроизводства; Ш – $n = 5$, В – $n = 4$, в августе-сентябре вне сезона половой активности.

2. Самки американской норки, цветовой тип черно-коричневый (обработки проводили в период воспроизводства и вне сезона половой активности августе-сентябре в условиях шедового содержания – Ш и в условиях вивария – В): Ш – $n = 6$, В – $n = 5$, в период воспроизводства; Ш – $n = 4$, В – $n = 4$, в августе-сентябре вне сезона половой активности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании были проведены обработки коров-доноров гормональными препаратами ФСГ-супер по различным протоколам с целью индукции у них суперовуляции (рис. 1–4 и табл. 4). Известно, что коровы являются малоплодными животными с круглогодичным проявлением эструса, в то же время у некоторых аборигенных неспециализированных пород период воспроизводства ограничен несколькими месяцами в году. В этой связи исследование, направленное на изучение возможности получения эмбрионов от таких пород в несезон воспроизводства путем воздействия на их половую систему введением высоких доз гонадотропинов, вызывает как научный, так и практический интерес.

Результаты индукции суперовуляции у коров различных пород представлены в табл. 4. Такой показатель, как относительное количество полученных качественных эмбрионов для

коров молочного направления продуктивности у айрширской породы и красной горбатовской породы максимальным был при однократной инъекции препарата ФСГ-супер в сочетании с пролонгатором ПЭГ (протокол III) и составил 74 и 67 % соответственно. При этом в среднем на самку качественных эмбрионов у айрширской породы при протоколе I было $5,5 \pm 1,3$, при протоколе II – $5,9 \pm 1,8$ и при протоколе III – $5,9 \pm 1,5$. Для красной горбатовской породы этот показатель составил при использовании протокола I $5,6 \pm 2,1$, протокола II – $4,9 \pm 3,5$ и протокола III – $4,7 \pm 3,1$ эмбриона на корову-донора в среднем. В то же время положительно прореагировавших коров у айрширской породы было отмечено при применении протокола III 86 %, а у красной горбатовской породы при применении протокола II – 82 %, при этом минимальные значения данного показателя у обеих пород были при индукции суперовуляции по протоколу I и составили у айрширской породы 64 % обработанных коров, у красной горбатовской 75 % коров.

Таблица 4

Результаты применения в течение года различных протоколов введения гормональных препаратов коровам-донорам различных пород для индукции суперовуляции
Results of using different protocols of hormone administration to donor cows of different breeds for induction of superovulation during one year

Протокол индукции СО	Показатель индукции суперовуляции				
	Кол-во обработок <i>n</i>	Кол-во положительных обработок <i>n</i> , %	Кол-во желтых тел всего, <i>n</i>	Получено эмбрионов всего <i>n</i> , % от количества желтых тел	Кол-во качественных эмбрионов всего <i>n</i> , % от полученных / в среднем на положительную обработку
<i>Айрширская порода крупного рогатого скота</i>					
I	53	34 (64 %)	317	283 (89 %)	195 (68 %) / $5,7 \pm 1,3$
II	65	53 (82 %)	467	423 (91 %)	314 (71 %) / $5,9 \pm 1,8$
III	64	55 (86 %)	495	445 (90 %)	329 (74 %) / $5,9 \pm 1,5$
<i>Красная горбатовская порода крупного рогатого скота</i>					
I	59	44 (75 %)	428	388 (91 %)	248 (64 %) / $5,6 \pm 2,1$
II	65	53 (82 %)	511	469 (92 %)	305 (65 %) / $4,9 \pm 3,5$
III	59	46 (77,9 %)	431	392 (91 %)	277 (71 %) / $4,7 \pm 3,1$
<i>Абердин-ангусская порода крупного рогатого скота</i>					
I	58	41 (71 %)	311	275 (88 %)	168 (61 %) / $4,1 \pm 2,7$
II	59	45 (76 %)	397	354 (89 %)	231 (65 %) / $4,2 \pm 2,8$
III	58	46 (79 %)	449	403 (90 %)	255 (63 %) / $4,5 \pm 2,4$
<i>Калмыцкая порода крупного рогатого скота</i>					
I	45	25 (56 %)	238	193 (81 %)	97 (50 %) / $3,8 \pm 1,2$
II	58	32 (55 %)	297	254 (86 %)	132 (52 %) / $4,5 \pm 1,7$
III	43	27 (63 %)	289	246 (85 %)	125 (51 %) / $4,3 \pm 2,1$

У мясных пород наилучшие значения по такому показателю, как относительное количество качественных эмбрионов были получены от коров, обработанных по протоколу II. Для абердин-ангусской породы составили 65 %, а для калмыцкой породы – 52 %. При этом максимальное значение положительных обработок отмечалось как для абердин-ангусской породы – 79 %, так и для калмыцкой породы – 63 % при применении протокола III.

На гистограммах, представленных на рис. 1 и рис. 2, показаны результаты индукции супероовуляции и эмбриопродуктивность коров-доноров эмбрионов молочного и молочно-мясного направления продуктивности айрширской породы и красной горбатовской породы. Как видно из представленных данных, реакция коров на введение гонадотропинов и их эмбриопродуктивность наиболее эффективной была при применении протоколов введения препарата ФСГ-супер в сочетании с пролонгаторами.

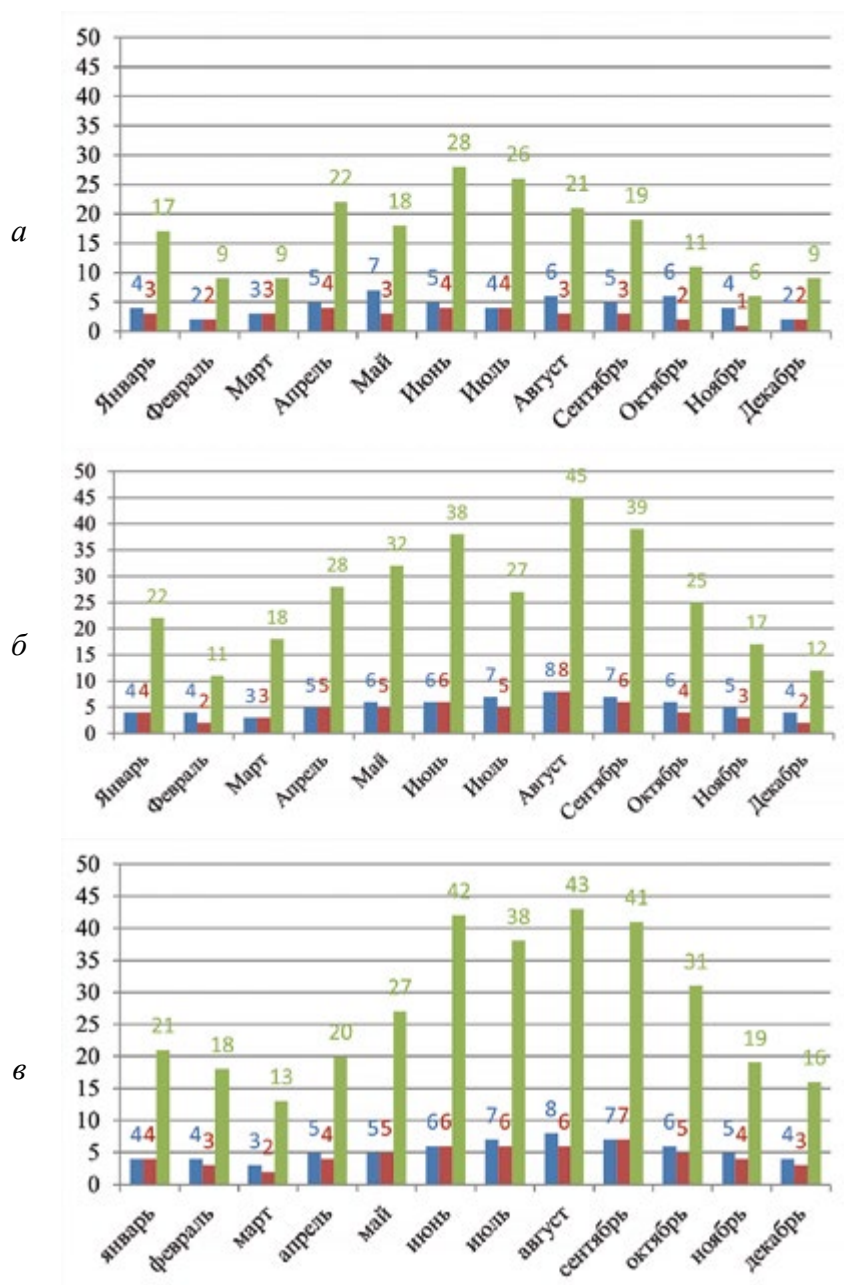


Рис. 1. Показатели эмбриопродуктивности коров-доноров айрширской породы при различных протоколах индукции супероовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryoproduktivty of donor cows of Ayrshire breed under different protocols of superovulation induction

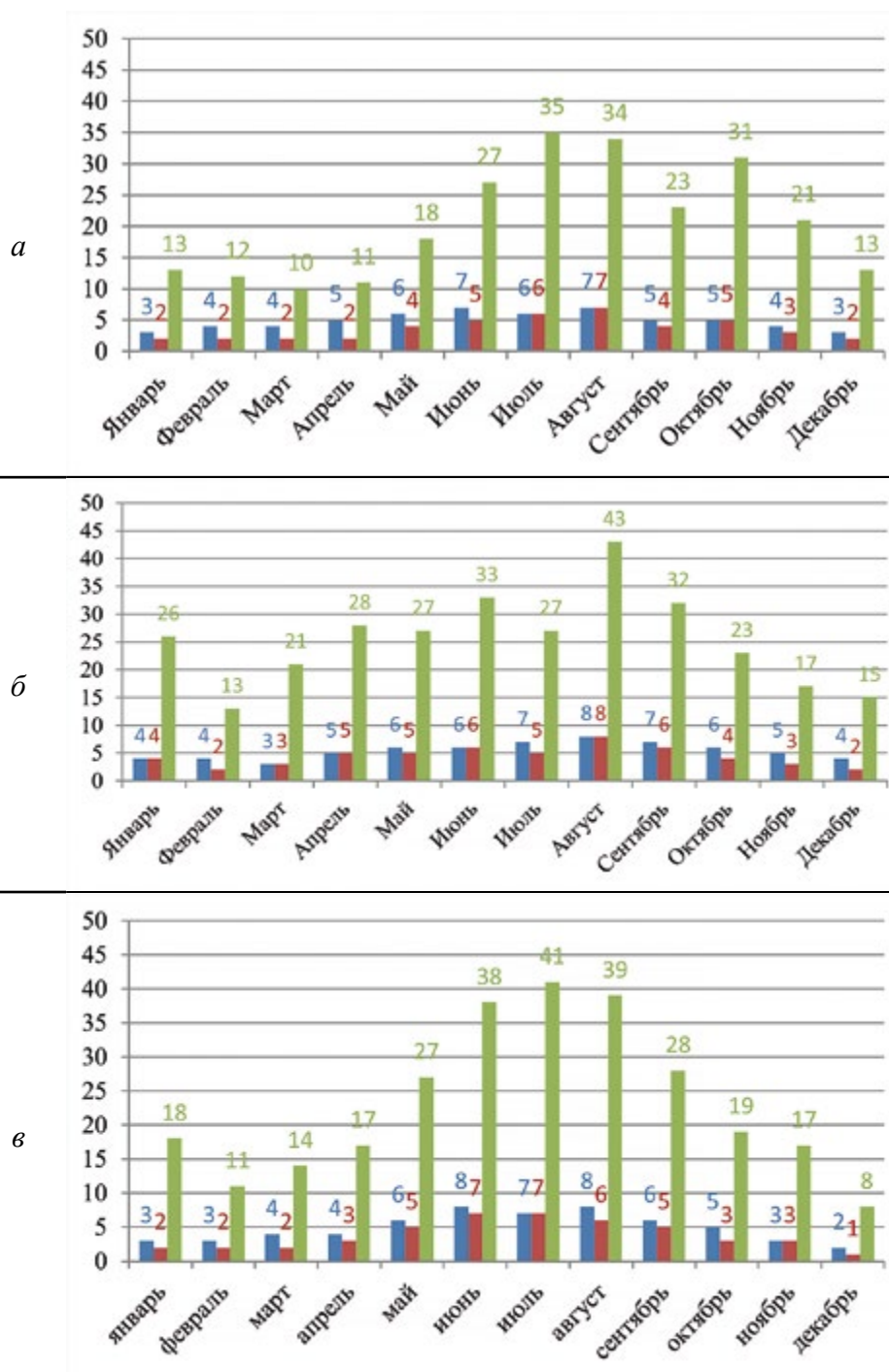


Рис. 2. Показатели эмбриопродуктивности коров-доноров красной горбатовской породы при различных протоколах индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryo-productivity indicators of donor cows of the Red Gorbатов breed under different protocols of superovulation induction

На рис. 3 и 4 представлены гистограммы показателей индукции суперовуляции коров мясного направления продуктивности абердин-ангусской породы и калмыцкой породы. Как видно из полученных данных, коровы-доноры калмыцкой породы при применении каждого протокола индукции суперовуляции препаратом ФСГ-супер

лучше всего реагировали в июле и сентябре, также на эти месяцы приходится и самая высокая эмбриопродуктивность (см. рис. 4): в июле при протоколе I прореагировало 7 из 15 обработанных коров и получено 22 качественных эмбриона, по протоколу II в июле обработали 22 коровы, прореагировало 10 и получено 43 качественных

эмбриона, при протоколе III из десяти голов коров прореагировали 6 доноров и получили 28 качественных эмбрионов. В сентябре при протоколе I из восьми обработанных коров реакцию суперовуляции дали 7 коров и было получено 28 эмбрионов, при протоколе II обработали 11 коров, прореагировало 6 и получили 45 качественных эмбрионов, при протоколе III из восьми обработанных коров прореагировали 6 коров и получили от них 21 качественный эмбрион. В то же время коровы-доноры абердин-ангусской породы при применении каждого протокола и при аналогич-

ных условиях содержания в течение всего года демонстрировали хорошие показатели эмбриопродуктивности и ответной реакции на введение гонадотропинов (см. рис. 3). Полученные результаты показывают, что коровы калмыцкой породы проявляют сезонную половую активность, пик которой приходится на июль–сентябрь, в связи с этим гормональные обработки с целью индукции суперовуляции лучше проводить в летне-осенний период, в то время как коровы абердин-ангусской породы могут использоваться в качестве доноров-эмбрионов круглый год.

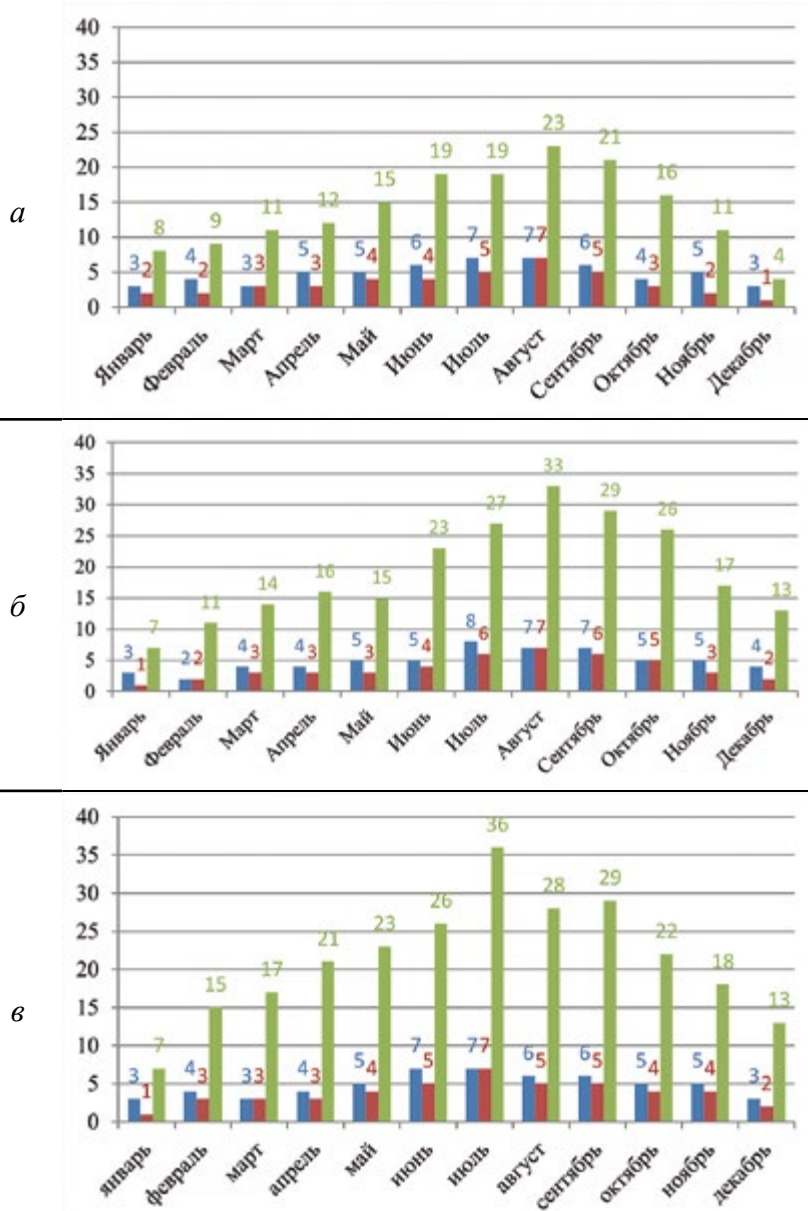


Рис. 3. Показатели эмбриопродуктивности коров-доноров абердин-ангусской породы при различных протоколах индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryo-productivity indicators of donor cows of Aberdeen-Angus breed under different protocols of superovulation induction

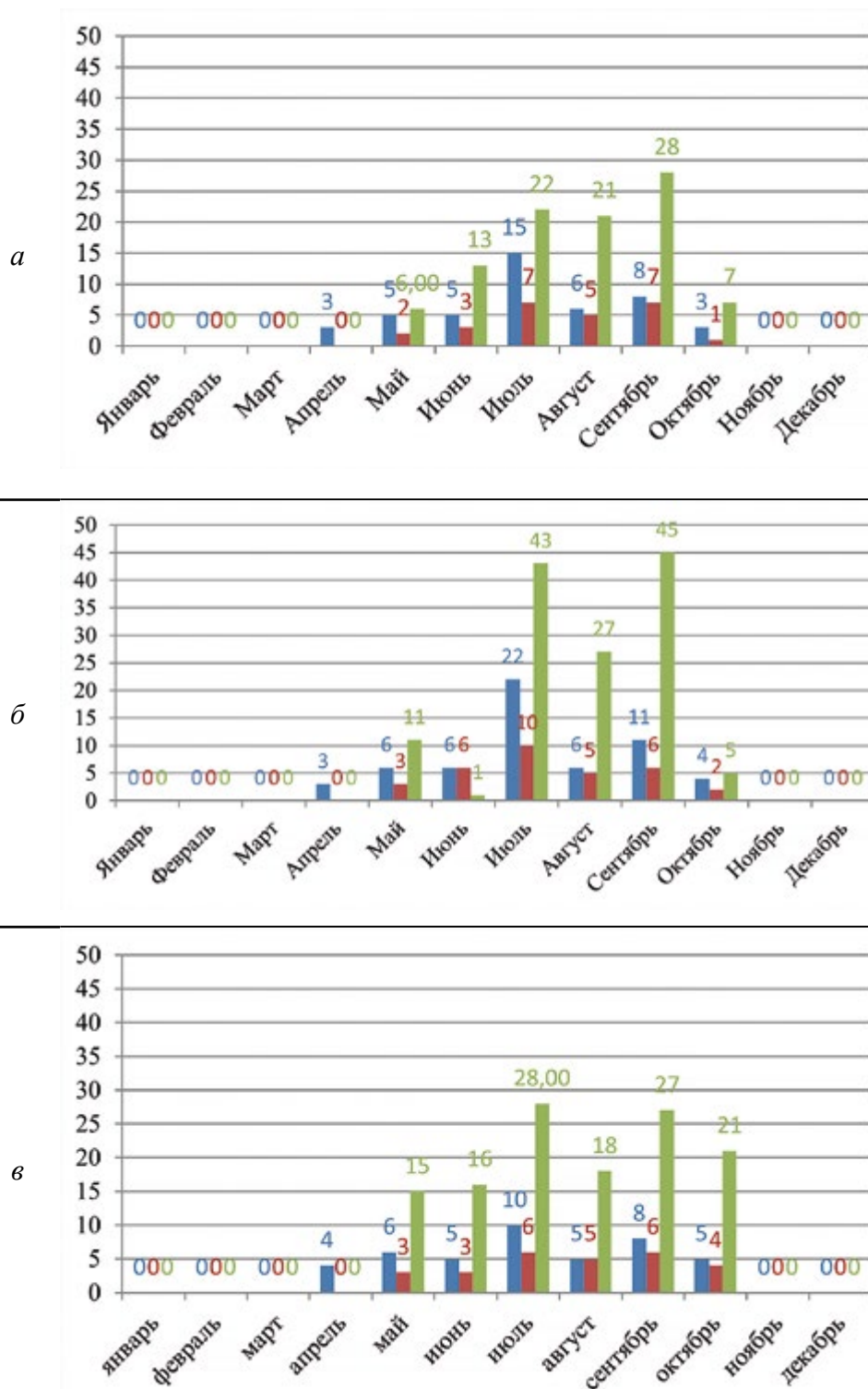


Рис. 4. Показатели эмбриопродуктивности коров-доноров калмыцкой породы при различных протоколах индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III
Embryoprodutivity of donor cows of Kalmyk breed under different protocols of superovulation induction

Другим объектом нашего исследования являлись самки домашнего кролика. Самки данного вида многоплодные и способны к воспроизводству практически круглый год. Нами были про-

ведены исследования возможности получения эмбрионов от крольчих в течение года в различных условия содержания – шед, виварий.

Таблица 5

Результаты применения в течение года различных протоколов введения гормональных препаратов с целью индукции фолликулогенеза и овуляции у крольчих разных пород при содержании в шедах и виварии

Results of application of different protocols of hormonal preparations for folliculogenesis and ovulation induction in rabbits of different breeds during a year in paddocks and vivaria

Протокол индукции СО	Кол-во обработок <i>n</i>	Кол-во положительных обработок <i>n</i> , %	Кол-во желтых тел всего <i>n</i>	Получено эмбрионов <i>n</i> , % от количества желтых тел	Качественных эмбрионов, % от полученных/ в ср. на положительную обработку
Содержание в шедах					
Советская шиншилла					
I	98	69 (70,4)	1 112	1 035 (93,0)	876 (84,6) / 12,6±4,7
II	104	74 (71,1)	1 596	1 488 (93,2)	1 311 (88,1) / 17,7±3,2
III	100	75 (75,0)	1 527	1 427 (93,4)	1 345 (94,2) / 17,9±2,9
Белый великан					
I	89	62 (69,6)	1 012	935 (92,3)	723 (77,3) / 11,6±3,7
II	94	67 (71,2)	1 278	1 188 (92,9)	1 038 (87,3) / 15,4±3,1
III	101	76 (75,2)	1 337	1 247 (93,2)	1 133 (90,8) / 14,9±3,3
Калифорнийская					
I	92	63 (68,4)	1 119	1 029 (91,9)	798 (77,5) / 12,6±4,2
II	95	72 (75,7)	1 401	1 289 (92,0)	1 175 (91,1) / 16,3±3,5
III	106	78 (73,5)	1 335	1 211 (90,7)	1 059 (87,4) / 13,5±3,2
Содержание в виварии					
Советская шиншилла					
I	85	80 (94,1)	1 928	1 775 (92,0)	1 678 (94,5) / 20,9±7,2
II	91	85 (93,4)	2 175	2 010 (92,4)	1 861 (92,5) / 21,8±6,9
III	110	102 (92,7)	2 508	2 314 (92,2)	2 179 (94,1) / 21,3±6,2
Белый великан					
I	90	85 (94,4)	1 845	1 712 (92,7)	1 516 (88,5) / 17,8±6,5
II	85	83 (97,6)	2 045	1 901 (92,9)	1 774 (93,3) / 21,3±6,9
III	94	90 (95,7)	2 303	2 143 (93,0)	1 992 (92,9) / 22,1±7,4
Калифорнийская					
I	78	74 (94,8)	1 420	1 311 (92,3)	1 165 (88,8) / 15,7±6,2
II	78	76 (97,4)	1 840	1 703 (92,5)	1 515 (88,9) / 19,9±7,0
III	98	94 (95,9)	2 450	2 278 (92,9)	2 106 (92,4) / 22,4±7,6

При испытании разработанных нами протоколов введения гонадотропинов с целью индукции фолликулогенеза и овуляции на крольчихах различных пород были получены следующие результаты (табл. 5, 6). Данные, полученные при индукции фолликулогенеза и овуляции у крольчих-доноров исследованных пород, показывают, что независимо от условий содержания (шед, виварий) наилучшие результаты были получены от самок-доноров при однократном введении препарата ФСГ-супер в сочетании с пролонгаторами ПЭГ и ПВС. Так, для породы советская шиншилла как при содержании в шедах, так и в виварии процент полученных качественных эмбрионов отмечался при применении протокола III и составил 94,2 % при шедовом содержании и 92,4 % при содержании в виварии, при этом эмбриопродуктив-

ность в среднем на самку была 17,9±2,9 и 21,3±6,2 эмбрионов соответственно. Для породы белый великан относительное количество полученных качественных эмбрионов при содержании в шедах отмечалось также при применении протокола III и составило 90,8 %, а при содержании в виварии максимальные показатели отмечались при применении протокола II – 93,3 %. При этом, наоборот, при шедовом содержании эмбриопродуктивность была выше при протоколе II и составила 15,4±3,1 качественных эмбрионов в среднем на самку, а при содержании в виварии этот показатель был выше при протоколе III, где получили 22,1±7,4 качественных эмбрионов на самку в среднем. Самки калифорнийской породы кроликов при шедовом содержании показали максимальные значения при применении протокола II – 91,1 %

качественных эмбрионов в эмбриосборах, что составило $16,3 \pm 3,5$ качественных эмбриона на самку в среднем и при содержании в виварии для этой породы наиболее эффективным был протокол III – 92,4 % качественных эмбрионов и $22,4 \pm 7,6$ эмбрионов на самку в среднем.

На рис. 5–10 представлены гистограммы, отражающие показатели индукции фолликулогенеза, овуляции и эмбриопродуктивности у крольчих различных пород в течение года при содержании

в шедах и в виварии. Из представленных диаграмм видно, что при шедовом содержании при применении каждого протокола максимальное количество прореагировавших самок и высокая эмбриопродуктивность отмечалась с марта по октябрь, в то же время при содержании в виварии ответная реакция самок на введение гонадотропинов была эффективной в течение всего года и снижалась только в декабре.

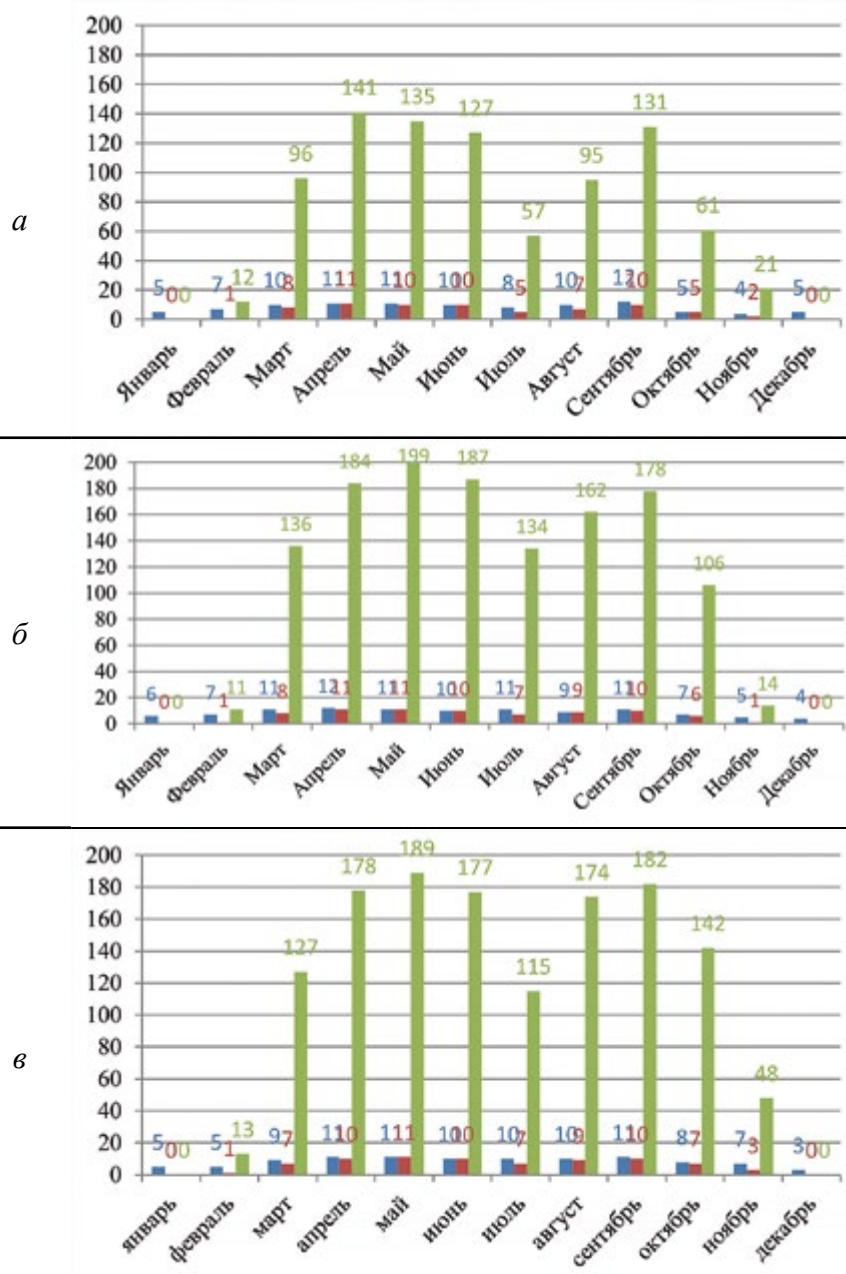


Рис. 5. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы советская шиншилла при содержании в шедах с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryoproduktivty of donor rabbits of the Soviet Chinchilla breed when kept in sheds with the use of different protocols of superovulation induction

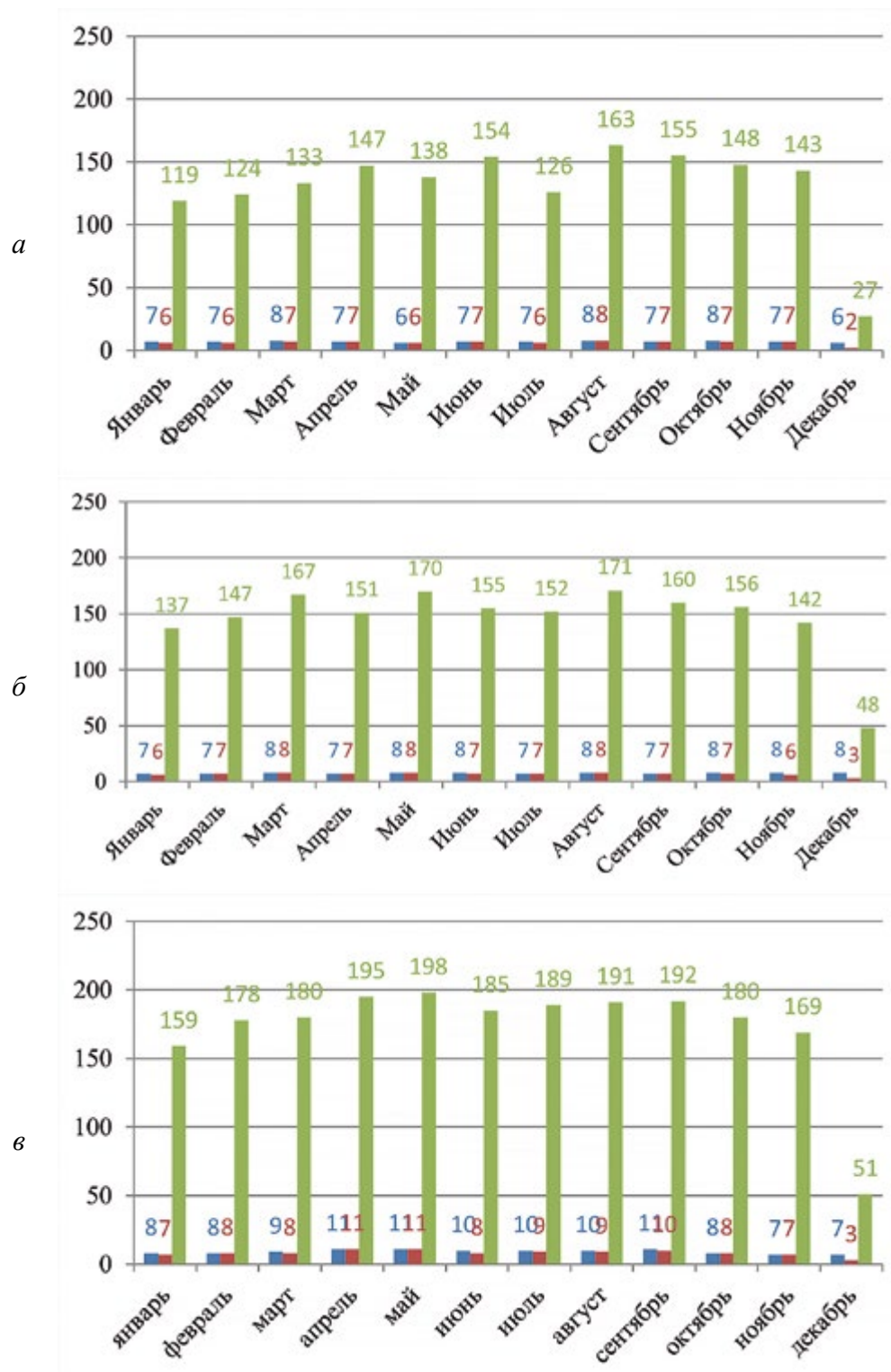


Рис. 6. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы советская шиншилла при содержании в виварии с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryoprodutivity of donor rabbits of the Soviet Chinchilla breed when kept in the vivarium using different protocols of superovulation induction

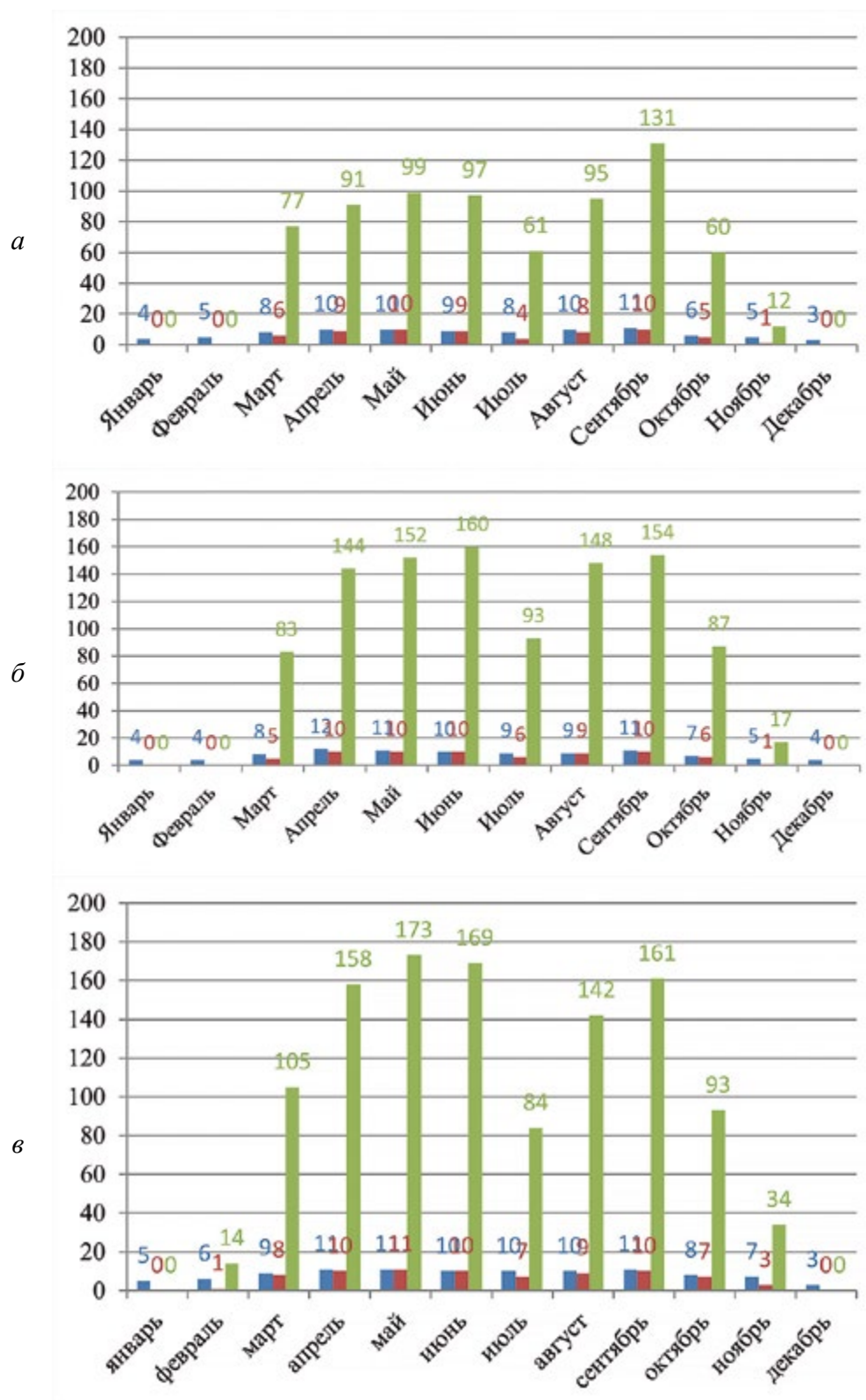


Рис. 7. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы белый великан при содержании в шедях с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего;

а – протокол I; *б* – протокол II; *в* – протокол III

Embryoprodutivity of donor rabbits of the White Giant breed when kept in paddocks using different protocols of superovulation induction

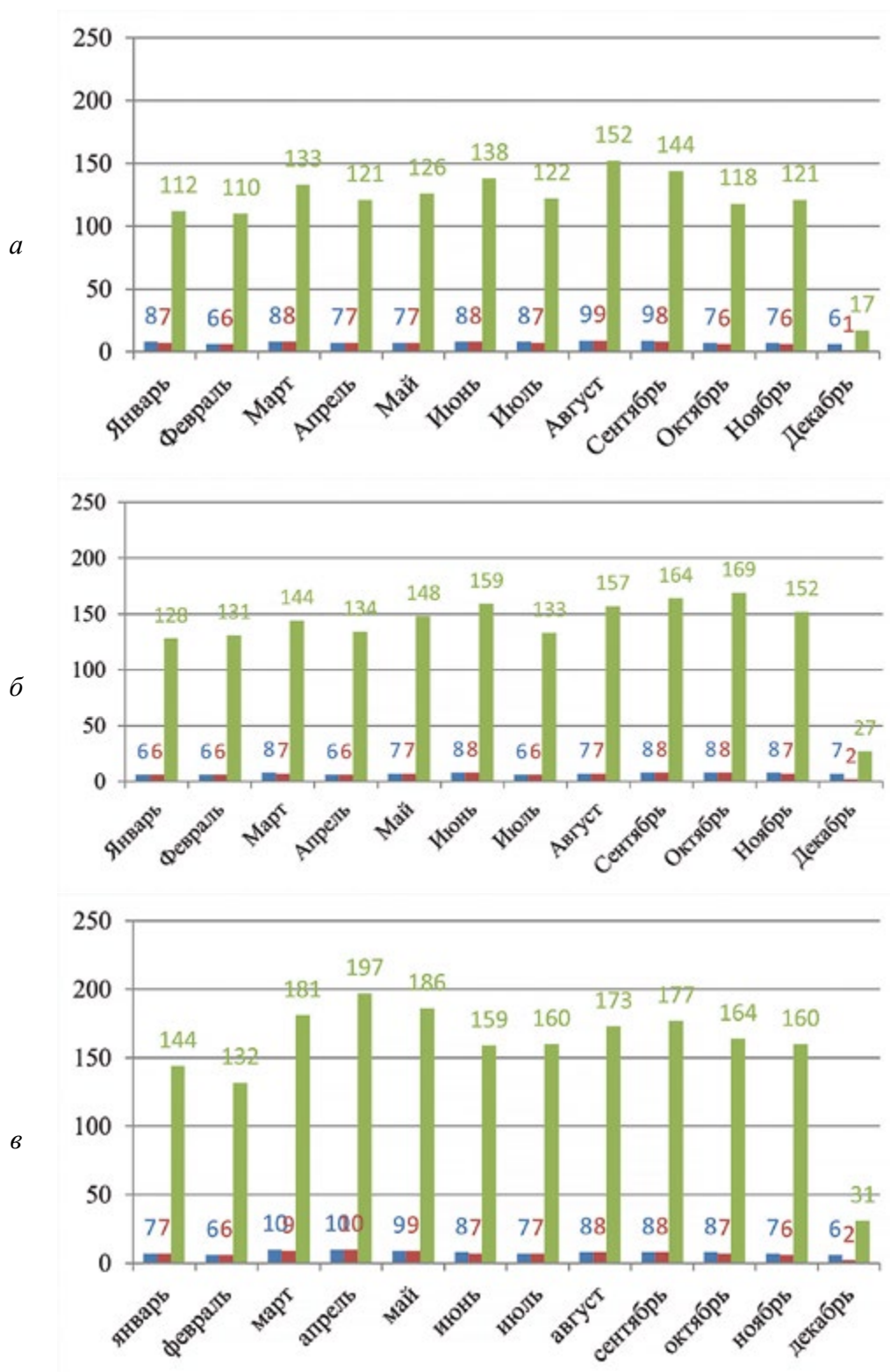


Рис. 8. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы белый великан при содержании в виварии с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего;

а – протокол I; *б* – протокол II; *в* – протокол III

Embryoprodutivity of donor rabbits of the White Giant breed when kept in the vivarium using different protocols of superovulation induction

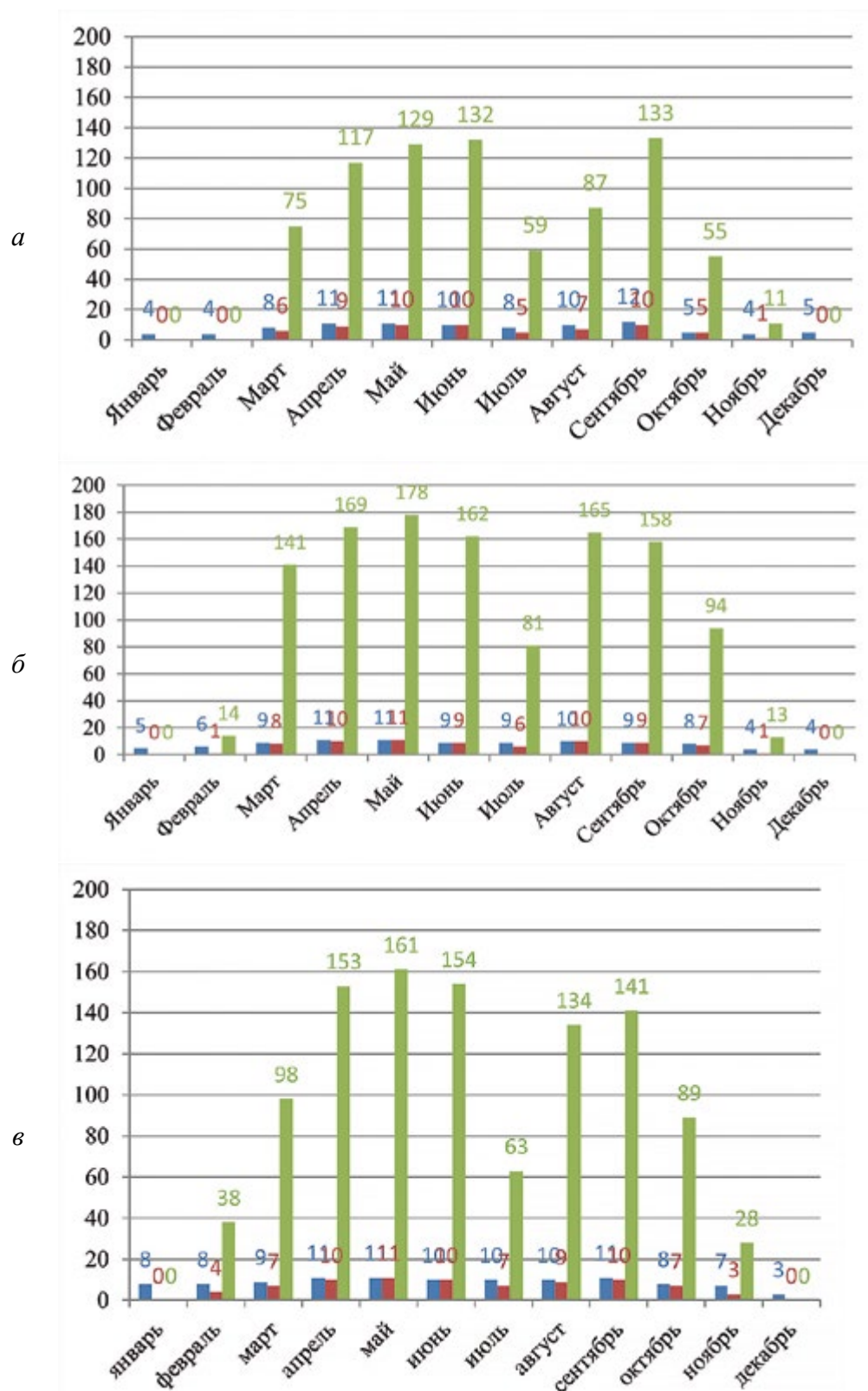


Рис. 9. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы калифорнийская при содержании в шедах с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryoproductivity indicators of donor rabbits of the California breed when kept in sheds with the use of different protocols of superovulation induction

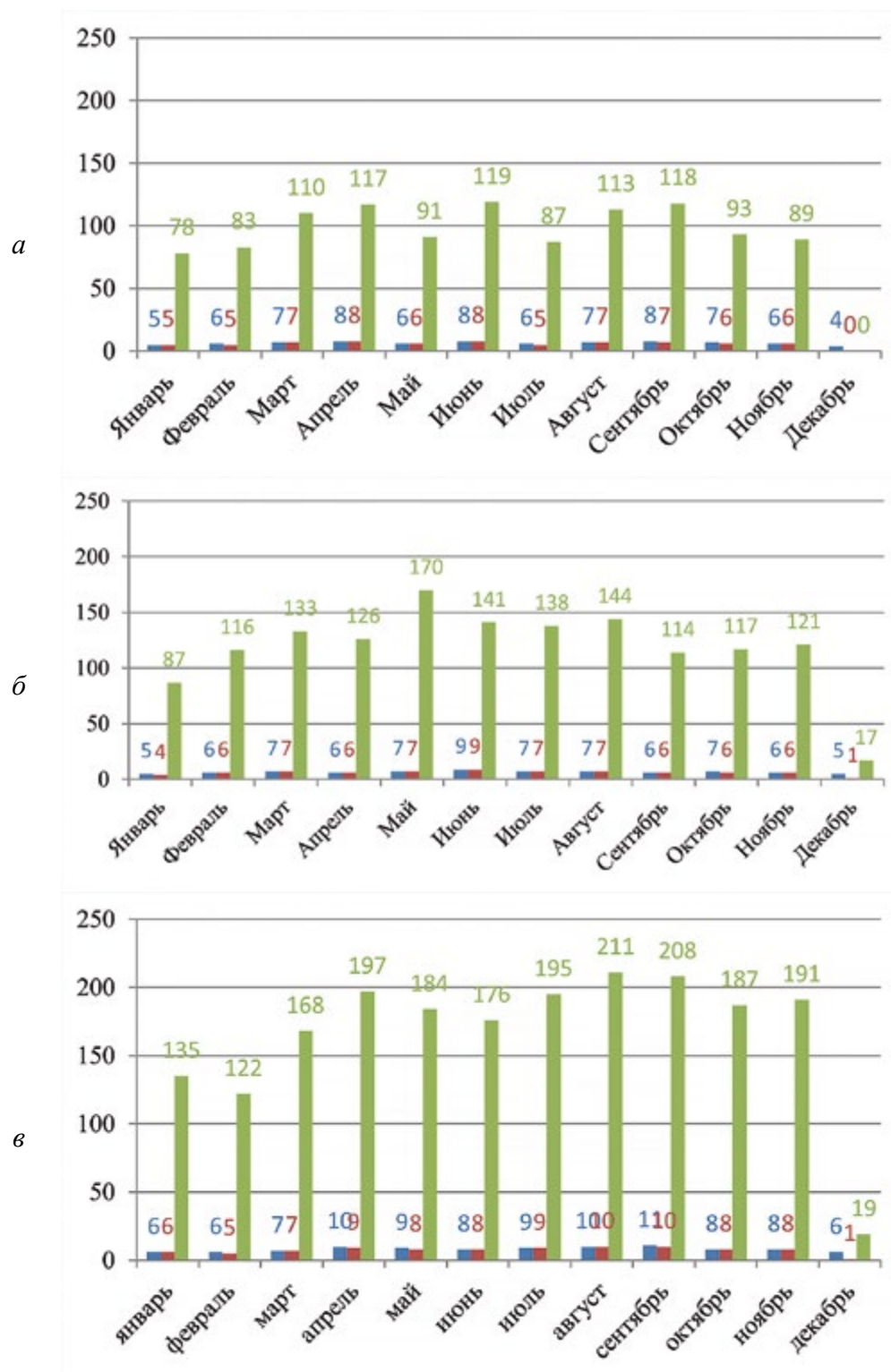


Рис. 10. Показатели эмбриопродуктивности крольчих-доноров породы калифорнийская при содержании в виварии с применением различных протоколов индукции суперовуляции: ■ – количество обработок, ■ – количество положительных обработок; ■ – количество качественных эмбрионов всего; а – протокол I; б – протокол II; в – протокол III

Embryoprodutivity of donor rabbits of the California breed when kept in the vivarium using different protocols of superovulation induction

Особое научное и практическое значение имеет возможность получения гамет и эмбрионов от сельскохозяйственных видов с ярко выраженным характером сезонности воспроизводства. В целях изучения этой возможности нами были проведены гормональные обработки самок с сезонным типом воспроизводства на примере американской норки как в период гона, так и вне его, при различных условиях содержания – шед, виварий. При проведении гормональных обработок самок американской норки при шедовом содержании получены следующие результаты (см. табл. 6). Показано, что в марте (период половой активности) после индукции фолликулогенеза гонадотропным препаратом ФСГ-супер на яичниках определялось от

15 до 20 созревших фолликулов, при этом общее в среднем на самку составило $17,2 \pm 1,92$ созревших фолликулов. Также было отмечено, что при гонадотропной обработке у самок американской норки яичники увеличивались в своих размерах, что свидетельствовало об гонадотропном действии препарата. Размеры яичников в среднем были следующими: длина левого яичника – $7,4 \pm 1,62$ мм и ширина – $6,4 \pm 1,62$ мм, длина правого яичника – $7,6 \pm 1,62$ мм, а ширина – $6,8 \pm 2,49$ мм. При этом при гормональной обработке в августе ответной реакции на введение гонадотропинов не было зафиксировано ни у одной самки американской норки, что говорит о сезонном проявлении половой активности.

Таблица 6

Количество овуляций и размеры яичников при введении гормональных препаратов для индукции фолликулогенеза у норок при шедовом содержании
Number of ovulations and ovarian size when hormonal preparations for folliculogenesis induction are administered to minks at shepherd housing

№ п/п	Кол-во созревших фолликулов	Левый яичник длина/ширина, мм	Правый яичник длина/ширина, мм
<i>Март</i>			
Донор № 1	18	8/7	8/8
Донор № 2	16	7/6	7/6
Донор № 3	20	8/7	8/7
Донор № 4	15	7/6	7/7
Донор № 5	17	7/6	8/6
Итого	86	-	-
В ср. на самку в группе	$17,2 \pm 1,92$	$7,4 \pm 1,62 / 6,4 \pm 1,62$	$7,6 \pm 1,62 / 6,8 \pm 2,49$
<i>Август</i>			
Донор № 1	Нет реакции	–	–
Донор № 2	Нет реакции	–	–
Донор № 3	Нет реакции	–	–
Донор № 4	Нет реакции	–	–
Донор № 5	Нет реакции	–	–
Итого	Нет реакции	–	–
В ср. на самку в группе	Нет реакции	–	–

В то же время при содержании самок американской норки в виварии ответная реакция на введение гонадотропинов с целью индукции фолликулогенеза отмечалась как в сезон половой активности (март), так и вне сезона воспроизводства (август). По результатам, представленным в табл. 7, видно, что в марте у самок американской норки после обработки гонадотропинами на яичниках определялось от 14 до 21 созревшего фолликула, при этом среднее количество

созревших фолликулов составило 17 на самку, что практически не отличалось от результатов, полученных при шедовом содержании в период воспроизводства. В то же время у самок американской норки при содержании в виварии после гонадотропной обработки в августе в отличие от самок, содержащихся в виварии, регистрировали ответную реакцию. У них на яичниках определяли от 14 до 19 фолликулов, что в среднем составило $16,4 \pm 1,92$ созревших фолликула на самку. Также

у самок, содержащихся в виварии, после гормональной обработки как в сезон воспроизводства, так и вне сезона половой активности отмечали

увеличение яичников, что свидетельствует об интенсивности интродуцируемых процессов.

Таблица 7

Количество овуляций и размеры яичников при введении гормональных препаратов для индукции фолликулогенеза у норок при содержании в виварии
Number of ovulations and ovarian size during administration of hormonal preparations for induction of folliculogenesis in minks kept in the vivarium

№ п/п	Кол-во созревших фолликулов	Левый яичник длина/ширина, мм	Правый яичник длина/ширина, мм
<i>Март</i>			
Донор № 1	17	7/7	8/7
Донор № 2	21	8/6	8/8
Донор № 3	15	8/7	7/7
Донор № 4	14	8/6	7/6
Донор № 5	18	7/6	8/7
Итого	85	-	-
В ср. на самку в группе	17,2±1,92	7,6±1,52/6,4±1,58	7,6±1,61/6,8±2,35
<i>Август</i>			
Донор № 1	15	7/6	7/6
Донор № 2	14	6/6	7/6
Донор № 3	16	7/7	7/7
Донор № 4	18	8/7	7/7
Донор № 5	19	7/7	8/7
Итого	82	-	-
В ср. на самку в группе	16,4±1,92	7,0±1,0/6,6±0,4	7,2±1,0/6,6±0,49

Полученные данные свидетельствуют о том, что в условиях вивария введение гормональных препаратов американской норки снижает зависимость воспроизводства от сезона даже у видов с ярко выраженной такой зависимостью, что может быть существенным для сохранения животных с желательным фенотипом с использованием методов эмбриотрансплантаций. Кроме того, в ранее проведенных нами исследованиях установлено, что предварительная гонадотропная стимуляция на модельном объекте самца американской норки (*Neogale vison*) позволяет получать фертильные сперматозоиды вне сезона половой активности, что может стать инструментом в преодолении ограничений воспроизводства у видов с сезонным циклом репродукции [21].

ВЫВОДЫ

1. Разработанный способ индукции множественного фолликулогенеза у самок много- и малоплодных исследованных сельскохозяйственных видов с применением пролонгаторов действия препаратов, содержащих гонадотропины гипо-

физарного происхождения, позволяет оптимизировать процедуру гормональной обработки, при этом увеличивается выход эмбрионов и/или ооцитов по сравнению с протоколом проведения данной обработки согласно инструкции применения препарата.

2. Впервые обнаружено, что специализированные промышленные породы крупного рогатого скота реагируют на введение гонадотропинов круглогодично, в то время как местные аборигенные породы проявляют сезонную половую активность.

3. Установлено, что условия содержания (шед/виварий) влияют на уровень ответной реакции при введении гонадотропинов с целью индукции фолликулогенеза у крольчих и самок американской норки. Таким образом, разработанные и испытанные протоколы введения гормональных препаратов индуцируют суперовуляцию у коров как молочного, так и мясного направления продуктивности, фолликулогенез и овуляцию у крольчих и самок американской норки при определенных условиях содержания вне зависимости от сезона.

4. Полученные результаты показывают, что разработанные и испытанные протоколы введения гормональных препаратов могут применяться в хозяйствах, специализирующихся на разведении крупного рогатого скота, домашнего кролика и американской норки с целью управления процес-

сами воспроизводства с учетом зависимости их эффективности от условий содержания животных. Разработанные протоколы можно применять и в исследовательских целях для получения эмбрионов от коров, самок домашнего кролика и американской норки методами *in vivo* и *in vitro*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hormone use for reproductive diseases and heat induction in relation to herd-level reproductive performance in Dutch dairy farms* / A. Wicaksono [et al.] // *Prev. Vet. Med.* – 2023. – Vol. 211. – P. 105832.
2. *Richards J.S., Pangas S.A.* The ovary: basic biology and clinical implications // *J. Clin. Invest.* – 2010. – Vol. 120, № 4. – P. 963–972.
3. *Orlowski M., Sarao M.S.* Physiology, Follicle Stimulating Hormone // StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024.
4. *Nedresky D., Singh G.* Physiology, Luteinizing Hormone // StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2024.
5. *Краткое руководство по репродукции животных: крупный рогатый скот.* / Ред. М. Пташинская. – Минск, 2012. – 177 с.
6. *Препарат для управления половым циклом животных ФСГ-супер:* пат. 2076732 Российская Федерация / Мосин В.А., Дурманов В.Д., Пустовой В.В.; заявл. 21.06.1995; опубл. 04.10.195. – 6 с.
7. *Smith L.E., Sitton G.D., Vincent C.K.* Limited injections of follicle stimulating hormone for multiple births in beef cattle // *J. Anim. Sci.* – 1973. – Vol. 37, № 2. – P. 523–527.
8. *Kimura K.* Superovulation with a single administration of FSH in aluminum hydroxide gel: a novel superovulation method for cattle // *J. Reprod. Dev.* – 2016. – Vol. 62, № 5. – P. 423–429.
9. *Стимуляция суперовуляции у коров-доноров пролонгированной формой ФСГ: 12490* Республика Беларусь / Бабенков В.Ю., Бабенкова Л.В., Якубец Ю.А., Токолов В.П.; опубл. 30.10.2009. – 2 с.
10. *Стимуляция суперовуляции у коров-доноров пролонгированной формой ФСГ* / В.Ю. Бабенков [и др.] // *Аграрное обозрение.* – 2010. – № 3. – P. 60–62.
11. *Взаимосвязь полиморфизма генов GDF5 и CAPN1 крупного рогатого скота калмыцкой породы с хозяйственно-биологическими признаками* / В.С. Убушиева [и др.] // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* – 2024. – № 3. – P. 288–294.
12. *Косовский Г.Ю., Попов Д.В., Бригида А.В.* Способ индукции суперовуляции у коров-доноров эмбрионов с пролонгированием действия гипофизарных гонадотропинов: пат. 2617042 Россия 2017.
13. *Косовский Г.Ю., Попов Д.В., Бригида А.В.* Фармацевтическая композиция с пролонгированным действием гонадотропинов для проведения индукции суперовуляции у самок млекопитающих: пат. 2633079 Россия 2017.
14. *Invited Review — Reproductive technologies needed for the generation of precise gene-edited pigs in the pathways from laboratory to farm* / C.-F. Tu [et al.] // *Anim. Biosci.* – 2023. – Vol. 36, № 2. – P. 339–349.
15. *A genome-wide association study for the number of teats in European rabbits (Oryctolagus cuniculus) identifies several candidate genes affecting this trait* / S. Bovo [et al.] // *Anim. Genet.* – 2021. – Vol. 52, № 2. – P. 237–243.
16. *Nieminen P., Pölönen I., Mustonen A.-M.* Increased reproductive success in the white American mink (Neovison vison) with chronic dietary β -sitosterol supplement // *Anim. Reprod. Sci.* – 2010. – Vol. 119, № 3–4. – P. 287–292.
17. *Spread of Mink SARS-CoV-2 Variants in Humans: A Model of Sarbecovirus Interspecies Evolution* / C.A. Devaux [et al.] // *Front. Microbiol.* – 2021. – Vol. 12. – P. 675528.
18. *Leung K.K.Y., Hon K.L.* Lessons from Animal Culling during Human Pandemics: Is Vaccination a Viable Option for Animals? // *Curr. Pediatr. Rev.* – 2023. – Vol. 19, № 1. – P. 2–4.
19. *Попов Д.В., Косовский Г.Ю.* Сравнительная оценка результатов извлечения эмбрионов в зависимости от метода вымывания и количества овуляций // *Кролиководство и звероводство.* – 2017. – № 3. – P. 71–74.
20. *Характеристики эмбрионов, полученных от крольчих при различных способах индукции суперовуляции* / Д.В. Попов [и др.] // *Кролиководство и звероводство.* – 2018. – № 6. – P. 9–15.
21. *Биопсия эпидидимиса самцов норок с целью получения сперматозоидов* / Г.Ю. Косовский [и др.] // *Кролиководство и звероводство.* – 2020. – № 5(1). – P. 23–29.

REFERENCES

1. Wicaksono A. et al., Hormone use for reproductive diseases and heat induction in relation to herd-level reproductive performance in Dutch dairy farms, *Prev. Vet. Med.*, 2023, Vol. 211, pp. 105832.
2. Richards J.S., Pangas S.A., The ovary: basic biology and clinical implications, *J. Clin. Invest.*, 2010, Vol. 120, No. 4, pp. 963–972.

3. Orłowski M., Sarao M.S., Physiology, Follicle Stimulating Hormone, *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2024.
4. Nedresky D., Singh G., Physiology, Luteinizing Hormone, *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2024.
5. Ptaszynska M., *Kratkoe rukovodstvo po reproduktivnoy zhivotnykh: krupnyy rogaty skot* (A Quick Guide to Animal Reproduction: Cattle), Minsk, 2012, 177 p.
6. *Preparat dlya upravleniya polovym tsiklom zhivotnykh FSG-super* (Drug for controlling the sexual cycle of animals FSH-super), pat. 2076732 Rossiyskaya Federatsiya, Mosin V.A., Durmanov V.D., Pustovoy V.V.; zayavl. 21.06.1995; opubl. 04.10.1995, 6 p. (In Russ.)
7. Smith L.E., Sitton G.D., Vincent C.K., Limited injections of follicle stimulating hormone for multiple births in beef cattle, *J. Anim. Sci.*, 1973, Vol. 37, No. 2, pp. 523–527.
8. Kimura K., Superovulation with a single administration of FSH in aluminum hydroxide gel: a novel superovulation method for cattle, *J. Reprod. Dev.*, 2016, Vol. 62, No. 5, pp. 423–429.
9. *Stimulyatsiya superovulyatsii u korov-donorov prolongirovannoy formoy FSG* (Stimulation of superovulation in donor cows with prolonged form of FSH), 12490 Respublika Belarus', Babenkov V.Yu., Babenkova L.V., Yakubets Yu.A., Tokolov V.P.; opubl. 30.10.2009, 2 p. (In Russ.)
10. Babenkov W.Yu. et al., *Agrarnoe obozrenie*, 2010, No. 3, pp. 60–62. (In Russ.)
11. Ubushieva V.S. et al., *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2024, No. 3, pp. 288–294. (In Russ.)
12. Kosovsky G.Yu., et al., pat. 2617042 RF, 2017. (In Russ.)
13. Kosovsky G.Yu., et al., pat. 2633079 RF, 2017. (In Russ.)
14. Tu C.-F. et al., Invited Review – Reproductive technologies needed for the generation of precise gene-edited pigs in the pathways from laboratory to farm, *Anim. Biosci.*, 2023, Vol. 36, No. 2, pp. 339–349.
15. Bovo S. et al., A genome-wide association study for the number of teats in European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) identifies several candidate genes affecting this trait, *Anim. Genet.*, 2021, Vol. 52, No. 2, pp. 237–243.
16. Nieminen P., Pölonen I., Mustonen A.-M., Increased reproductive success in the white American mink (*Neovison vison*) with chronic dietary β -sitosterol supplement, *Anim. Reprod. Sci.*, 2010, Vol. 119, No. 3–4, pp. 287–292.
17. Devaux C.A. et al., Spread of Mink SARS-CoV-2 Variants in Humans: A Model of Sarbecovirus Interspecies Evolution, *Front. Microbiol.*, 2021, Vol. 12, pp. 675528.
18. Leung K.K.Y., Hon K.L., Lessons from Animal Culling during Human Pandemics: Is Vaccination a Viable Option for Animals? *Curr. Pediatr. Rev.*, 2023, Vol. 19, No. 1, pp. 2–4.
19. Popov D.V., Kosovsky G.Yu., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2017, No. 3, pp. 71–74. (In Russ.)
20. Popov D.V. et al., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2018, No. 6, pp. 9–15. (In Russ.)
21. Kosovsky G.Yu. et al., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2020, No. 5(1), pp. 23–29. (In Russ.)

Информация об авторах:

Д.В. Попов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биотехнологии НИИ пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева

В.Ю. Бабенков, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Калмыцкого государственного университета

Т.Т. Глазко, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник НИИ пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева

Г.Ю. Косовский, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник НИИ пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, директор ФГБНУ НИИПЗК

Contribution of the authors:

D.V. Popov, Candidate in Biological Sciences, Leading researcher of the biotechnology department of the V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding

W. Yu. Babenkov, Doctor in Biological Sciences, Leading Researcher at Kalmyk State University

T.T. Glazko, Doctor in Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding

G.Yu. Kosovsky, Doctor in Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher at the V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding, Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА ПРОЦЕССЫ РЕПАРАЦИИ У КРЫС

М.А. Урядников, Д.В. Дашко

ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный, Россия

E-mail: den120577@bk.ru

Для цитирования: Урядников М.А., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на процессы репарации у крыс // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 215–224. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-215-224.

Ключевые слова: электроанальгезия, электростимуляция, импульсный ток, рана, репарация, антиноцицепция, крыса.

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния транскраниальной электрической стимуляции антиноцицептивной системы мозга на процесс заживления кожных ран у лабораторных животных. Объект исследования: нелинейные белые лабораторные крысы-самцы в количестве 80 гол. В первой опытной группе использовали режим транскраниальной электростимуляции в виде сочетания постоянного и переменного токов анальгетических параметров. Во второй и третьей опытных группах использовали то же сочетание, но с другими частотами импульса: 50 и 90 Гц (частоты «неанальгетического раздражения»). Сеансы транскраниального электровоздействия проводили один раз в день по 30 мин в течение трех дней после нанесения кожных ран. Дополнительно: в течение трех дней до нанесения раны и трех дней после операции («профилактическое» и «лечебное» действие): применялись как анальгетический, так и неанальгетический режимы электровоздействия. Под влиянием транскраниальной электростимуляции с анальгетическими параметрами тока (частота 70 Гц) наблюдается достоверное ускорение (на 21 %) процесса заживления и сокращение среднего срока полного заживления ран. Транскраниальные воздействия с «неанальгетическими частотами раздражения» (50 и 90 Гц) не вызывали каких-либо изменений скорости заживления от контроля. Наибольшее ускорение заживления ран под влиянием лечебных процедур достоверно проявляется на 4–7 сут после их нанесения, а в контрольной группе – на 10–11 сут. В «профилактической» группе изменение размеров ран значительно опережало таковое у крыс с «лечебным» воздействием: на четвертые сутки разница в площади ран между опытными группами и контролем статистически достоверна и составляет 12 %, в то время как «лечебное» воздействие к восьмым суткам достигает аналогичного результата.

INFLUENCE OF TRANSCRANIAL ELECTRICAL STIMULATION ON REPAIR PROCESSES IN RATS

M.A. Uryadnikov, D.V. Dashko

FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation

E-mail: den120577@bk.ru

Keywords: electroanalgesia, electrical stimulation, pulsed current, wound, reparation, antinociception, rat.

Summary. The studies were carried out to study the effect of transcranial electrical stimulation of the antinociceptive system of the brain on the healing process of skin wounds in laboratory animals. Object of study: non-linear white male laboratory rats in the amount of 80 animals. In the first experimental group, a transcranial electrical stimulation mode was used in the form of a combination of direct and alternating currents with analgesic parameters. In the second and third experimental groups, the same combination was used, but with different pulse frequencies - 50 and 90 Hz («frequencies of non-analgesic stimulation»). Sessions of transcranial electrical stimulation were carried out once a day for 30 minutes for three days after the application of skin wounds. Additionally: for three days before the wound and three days after the operation («preventive» and «therapeutic» effects): both analgesic and non-analgesic modes of electrical influence were used. Under the influence of transcranial electrical stimulation with analgesic current parameters (frequency 70 Hz), a significant acceleration (by 21%) of the healing process and a reduction in the average time for complete wound healing are observed. Transcranial impacts with «non-analgesic stimulation frequencies» (50 and 90 Hz) did not cause any changes in the rate of healing, compared to the control. The greatest acceleration of wound healing under the

influence of medical procedures is reliably manifested on days 4-7 after their application, and in the control group on days 10-11. In the «preventive» group, the change in wound size was significantly faster than that in rats with the «therapeutic» effect: on the 4th day, the difference in the area of wounds between the experimental groups and the control was statistically significant and amounted to 12%, while the «therapeutic» effect On the 8th day it achieves a similar result.

В современной медицинской и ветеринарной практике существует проблема поиска инновационных и альтернативных методов обезболивания, выходящих за рамки традиционных подходов, которая остается в центре внимания исследователей [1, 2, 21, 28]. Более века ученые во всем мире неустанно проводят эксперименты и клинические исследования в области электрообезболивания (электростимуляции), чтобы выявить оптимальные режимы и оценить эффективность этого метода [3, 26].

Транскраниальное электрообезболивание (электростимуляция) представляет собой электрическое воздействие на головной мозг, оказывая через наружные покровы черепа стимулирующее влияние на кору и подкорковые структуры головного мозга, реализует свои анальгетические эффекты, в том числе и на периферии с последующей активацией защитно-адаптационных механизмов живого организма [4, 22–24].

Немедикаментозные методы обезболивания и стимуляции все шире применяются в клинической практике, и интерес к их изучению в последнее время растет. Наряду с различными видами терапии, в том числе и рефлексотерапии, определенное место среди них отводится электроанальгезии, возникающей при действии тока на головной мозг через покровы черепа (транскраниальная электроанальгезия) [6]. Метод привлекает своей технической простотой и возможной перспективой достижения не только электроанальгезии, но и электростимуляции органно-тканевых структур организма [5, 7, 25].

Необходимо учесть, что порой задачи физиологических экспериментов, выполняемых в форме острых опытов, требуют исключения воздействия фармакологических препаратов, так или иначе влияющих на исследуемые органы или системы их управления [8–10]. Поэтому весьма важно, чтобы длительность обезболивания соответствовала периоду препаровки, и действие обезболивания полностью прекращалось в период наблюдения, т.е. продолжительность воздействия должна произвольно управляться экспериментатором, а само воздействие должно прекращаться без последствий. Этим требованиям может удовлетворять электрообезболивание, как метод неинвазивного воздействия на организм [6, 27].

В недавних исследованиях было обнаружено, что морфиноподобные пептиды активизируют процессы регенерации в различных тканях и структурах организма, способствуя их более быстрому восстановлению [11]. Гипотеза заключается в том, что морфиноподобные пептиды, которые высвобождаются при активации антиноцицептивных механизмов в результате повреждений, выполняют важную функцию в поддержании структурного гомеостаза организма. Это означает, что опиоидные пептиды помогают организму восстановить и поддерживать нормальное состояние тканей и органов после повреждений, т.е. представлять собой некую патогенетическую составляющую [11, 12, 29]. Гомеостатическая направленность действия транскраниальной электростимуляции (ТЭС) проявляется в полной мере при нарушениях регуляции функций систем и органов, не изменяя нормально текущие процессы. Из этого следует, что возможная эффективность лечебных воздействий ТЭС в определенной степени ограничена пределами гомеостатических возможностей организма.

Известно, что активация антиноцицептивных структур мозга вызывает анальгетический эффект, обусловленный высвобождением в организме опиоидных пептидов [11]. Неинвазивное транскраниальное электрическое воздействие (транскраниальная электрическая стимуляция) является одним из методов стимуляции опиоидных структур антиноцицептивной системы организма. Главный реализуемый принцип при проведении транскраниального электровоздействия – соблюдение основного свойства данного метода: соответствие частотно-временных характеристик электрических импульсов квазирезонансным свойствам антиноцицептивной системы.

Экспериментально-клиническими исследованиями было отмечено, что во время и после ТЭС усиливалось выделение опиоидного пептида – β -эндорфина в мозге и увеличивалась концентрация этого пептида в спинномозговой жидкости и крови [13]. При этом наиболее интенсивное выделение β -эндорфина происходило при стимуляции частотой, оптимальной для анальгетического эффекта. В формировании анальгетического эффекта активно участвуют серотониновые механизмы антиноцицептивной системы (АНС), связанные,

вероятно, с опиоидными последовательно. Все эти факты соответствуют общепринятым критериям, которые принимаются как доказательства участия опиоидных пептидов в эффектах стимуляции АНС.

Исследования в этой области продолжаются, и электростимуляция с анальгетическими параметрами тока рассматривается как перспективный метод в разработке эффективных и неинвазивных методов обезболивания, благодаря легкому и быстрому получению обезболивания, отсутствию побочных явлений, токсических и аллергических осложнений. В дополнение к приведенной выше информации важно отметить следующее: электрообезболивание является полезным дополнением к традиционным методам обезболивания, медикаментозной терапии и физиотерапии при лечении различных патологий у животных [14, 15].

Цель исследования: изучить влияние транскраниальной электростимуляции на скорость заживления кожных ран у лабораторных животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе Иркутского ГАУ в 2023 г. Объектом исследования служили нелинейные белые лабораторные крысы-самцы в количестве 80 голов живой массой 240 ± 25 г. Всех животных разделили на четыре группы (одну контрольную и три опытные) по 15 голов в каждой. В контрольной группе у подопытных животных не применяли никаких способов терапии. В первой опытной группе (1-я опытная) использовали режим ТЭС в виде сочетания постоянного и переменного токов анальгетических параметров: постоянный ток силой 0,8 мА и прямоугольный импульсный ток силой 0,4 мА с частотой 70 Гц и длительностью импульса 3–3,5 мс. Во второй (2-я опытная) и третьей (3-я опытная) опытных группах использовали то же сочетание постоянного и переменного токов, менялась только частота импульса: на 50 и 90 Гц (частоты «неанальгетического раздражения») соответственно. Сеансы транскраниального электровоздействия (ТЭВ) в опытных группах проводили один раз в день по 30 мин в течение трех дней после нанесения кожных ран («лечебное воздействие»).

В ходе экспериментальной процедуры подопытные животные были зафиксированы в специальных станках, которые обеспечивали их естественное положение, чтобы избежать дискомфорта. Использовался генератор импульсов, который генерировал контролируемые параметры

тока и был стабилизирован по напряжению. Генератор импульсов был настроен на подачу тока определенных параметров, включая силу тока, частоту импульсов и длительность импульсов, обозначенных выше. Ток подавался через тонкие игольчатые электроды, имплантированные под кожу в определенных областях головы животных после предварительного выстригания шерсти. В лобную область и позади ушных раковин подожно вводились электроды.

С целью выяснения возможности использования транскраниальной электростимуляции для подготовки животных к операции были проведены опыты с двумя режимами воздействия: в течение трех дней до нанесения раны и трех дней после операции («профилактическое» и «лечебное» действие). Были созданы четыре группы (1-я и 2-я лечебная; 1-я и 2-я профилактическая) по пять крыс в каждой. В обоих случаях применялся как анальгетический (1-я лечебная и 1-я профилактическая группы), так и неанальгетический (2-я лечебная и 2-я профилактическая группы) режимы электровоздействия по вышеописанной методике.

Для создания модели кожной раны у крыс под общей неингаляционной анестезией («Золетил 100» – 0,4 мг/кг интрамускулярно) с соблюдением правил асептики удаляли кожный лоскут в области спины диаметром 15 ± 2 мм [2]. В дальнейшем животных содержали отдельно для предохранения от взаимного вылизывания раневой поверхности.

Динамику заживления кожных ран проводили с помощью метода планиметрии и оценивали средние сроки полного заживления с последующей математической обработкой по общепринятой в биологии методике.

Одновременно, помимо описанных выше методик, для выявления любых видимых изменений в двигательной активности животных, их реакции на стимулы, для оценки их общего состояния проводили поведенческие наблюдения в течение эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение влияния транскраниальной электростимуляции на заживление ран проводилось на крысах с использованием различных параметров тока: анальгетических и неанальгетических. Результаты исследования показали, что использование анальгетических параметров тока с частотой

70 Гц приводит к ускорению процесса заживления ран на 21 % в сравнении с контролем. Наоборот, воздействие с неанальгетическими частотами (50

и 90 Гц) не оказывало никакого значимого влияния на скорость заживления ран на протяжении всего срока эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

Влияние транскраниального электрического воздействия с различными параметрами тока на средний срок полного заживления ран
The effect of transcranial electrical stimulation with different current parameters on the average time of complete wound healing

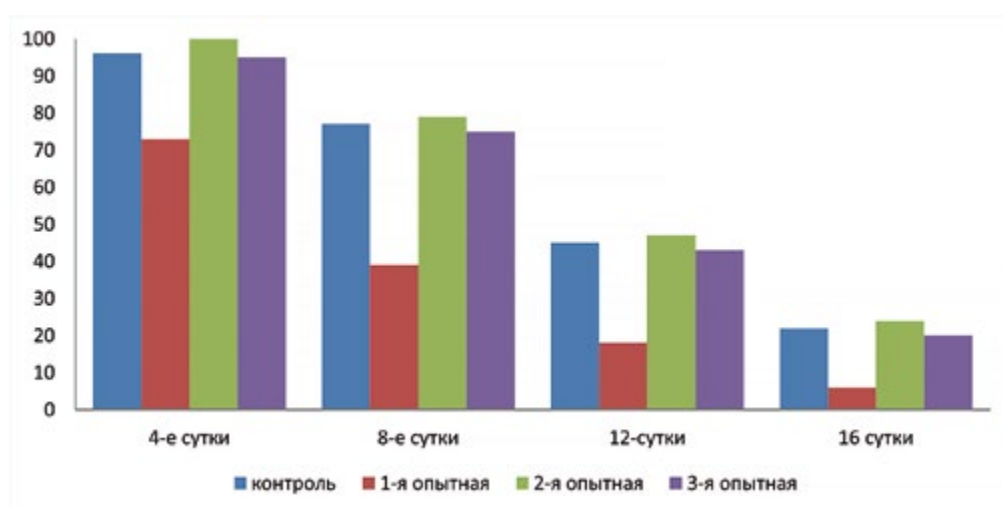
Группа	Условия эксперимента			Срок полного заживления, дни	Процент к контролю
	Частота, Гц	Сила постоянного тока, мА	Сила импульсного тока, мА		
Контрольная	—	—	—	21,3±0,61	100,0
1-я опытная	70	0,8	0,4	16,8±0,26	79,8*
2-я опытная	50	0,8	0,4	21,8±0,52	102,2
3-я опытная	90	0,8	0,4	21,4±0,54	100,0

*Достоверность результата ($P < 0,05$).

Характер ран у животных, которые подверглись электростимуляции с частотой 70 Гц, имели значительное отличие от животных контрольной группы: струп тонкий, просвечивает розовая поверхность раны, нежный. В свою очередь, одновременно с раневой контракцией отмечается ускорение процесса эпителизации раневого дефекта и, как следствие, раньше происходит отторжение первичного струпа.

Наибольшее ускорение заживления кожных ран у крыс отмечается на 4–7 сут после проведения лечебно-стимулирующих процедур (частота 70 Гц). У животных контрольной группы рост темпа заживления наблюдается спустя более длительное время, на 10–11 сут. В то же время раны

у животных, получавших электровоздействие с «неоптимальными» частотами (50 и 90 Гц), носили аналогичные характерные особенности в заживлении ран у крыс контрольной группы: грубый и плотнospаенный с раневым дефектом струп, позднее его отторжение и, как следствие, замедленный процесс эпителизации. Получается, что в группах опытов, где использовали частоты прямоугольных импульсов 50 и 90 Гц (частоты «раздражения»), которые не являются оптимальными для получения анальгетического эффекта, эффективность заживления ран была ниже, чем при параметрах тока, достигающих анальгетических показателей (рисунок).



Влияние транскраниального электрического воздействия при различных частотах на скорость заживления кожных ран, %/сут.

The effect of transcranial electrical stimulation at different frequencies on the rate of healing of skin wounds, %/day

Весьма характерным было и поведение животных во время проведения процедуры. При применении к крысам электростимуляции с анальгетическими параметрами тока (способной подавлять болевые ощущения), наблюдается ряд характерных изменений в их поведении. Животные успокаиваются, прекращая спонтанную вокализацию (писки). Они становятся малоподвижными, проявляя минимальную активность. Во многих случаях крысы впадают в состояние, напоминающее сон («сноподобное» состояние), характеризующееся снижением двигательной активности и реакций на внешние раздражители.

При прекращении подачи тока на электроды крысы сразу же возвращаются к исходному состоянию. Они становятся активными и подвижными, пытаются освободиться от фиксирующего устройства, в которое они помещены для проведения эксперимента. Это свидетельствует о том, что эффект электростимуляции обратим и не приводит к длительным изменениям в поведении животных [13].

Электростимуляция с анальгетическими параметрами тока, способная подавлять болевые ощущения, широко используется в исследованиях нейрофизиологии боли и разработке новых методов обезболивания [16–18, 23]. Механизм действия такой электростимуляции связан с

активацией нейронов, которые высвобождают эндогенные обезболивающие вещества, такие как эндорфины и энкефалины. Эти вещества взаимодействуют с опиоидными рецепторами в центральной нервной системе, что приводит к подавлению болевых сигналов и уменьшению болевых ощущений [7, 19, 29].

Кроме того, электростимуляция с анальгетическими параметрами тока может влиять на различные физиологические процессы, связанные с болью и стрессом, включая снижение частоты сердечных сокращений, артериального давления и уровня кортизола (гормона стресса). Эти эффекты могут усиливать обезболивающее действие электростимуляции и улучшать общее самочувствие животных, особенно при патологии.

При использовании же частот 50 и 90 Гц поведение животных было иным: в процессе воздействия животные в клетках оставались спокойными, сохранялись спонтанные голосовые и двигательные ответные реакции.

В специальных экспериментах по изучению лечебного и профилактического влияния на раневую контракцию было установлено, что ускорение заживления отмечалось всегда при анальгетическом и никогда при неанальгетическом режиме транскраниального электровоздействия (табл. 2).

Таблица 2

Влияние транскраниальных электрических воздействий при различных способах применения на динамику полного заживления ран
The influence of transcranial electrical stimulation with different methods of application on the dynamics of complete wound healing

Группа	Средний диаметр ран, мм				Срок полного заживления, дни	Процент к контролю
	4-е сут	8-е сут	12-е сут	16-е сут		
Контрольная	10,9±0,3	9,9±0,4	5,2±0,4	2,2±0,2	20,4±0,6	100
1-я профилактическая	9,6±0,3	7,5±0,3	2,3±0,5	0,5±0,3	16,1±0,8	79*
2-я профилактическая	10,8±0,2	9,8±0,3	5,7±0,6	2,0±0,4	20,3±0,6	100
1-я лечебная	10,1±0,4	8,2±0,5	3,6±0,3	0,8±0,3	17,3±0,9	83*
2-я лечебная	12,4±0,3	10,1±0,4	5,4±0,3	2,1±0,3	20,8±0,6	102

*Достоверность результата ($P < 0,05$).

Процесс заживления и сокращение сроков регенерации был особенно выражен у животных с «профилактическим» проведением процедур транскраниальной электростимуляции. В «профилактической» группе у животных изменение размеров ран значительно опережало таковое у крыс с «лечебным» воздействием. Уже на 4-е сут разница в площади ран между опытными

группами и контролем статистически достоверна и составляет 12 %, в то время как «лечебное» воздействие лишь к 8-м сут приводит к такой же раневой контракции. Ранняя раневая контракция, связанная с более ранним формированием грануляционной ткани, приводит к сокращению сроков полного заживления раны. Если в группе с «лечебным» применением электрического

воздействия сокращение срока полного заживления ран составило в среднем 3,4 дня, то у крыс с «профилактическим» его применением – 4,1 дня, что равно 17 и 21 % соответственно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что транскраниальные электрические воздействия способствуют ускорению регенерации ран у животных. Как нам представляется, полученные результаты не оставляют сомнений в том, что физиотерапевтический способ воздействия на организм – транскраниальная электростимуляция помимо центральных структур весьма эффективно влияет на функцию периферических систем.

Транскраниальная электростимуляция дает не только анальгетический, но и другие эффекты, причем и тогда воздействие током с оптимальными параметрами имеет первостепенное значение [1, 12]. Наибольшую эффективность показали параметры электрического раздражения, вызывающие анальгетический эффект. Активация эндорфинных структур антиноцицептивной системы является одним из механизмов, способствующих развитию анальгетического эффекта при транскраниальном электровоздействии. Данный способ раздражения вызывал существенное увеличение β -эндорфина в ликворе и в крови у животных. Это обстоятельство, несомненно, свидетельствует в пользу представления о важной роли опиоидных пептидов в механизмах репарации и поддержания структурного гомеостаза организма [3, 9].

Все эти факты соответствуют общепринятым критериям, которые принимаются как доказательства участия опиоидных пептидов в эффектах стимуляции АНС. Все эффекты ТЭС по механизму можно условно разделить на центральные, периферические и комбинированные (смешанные). При этом имеется в виду, что центральные эффекты связаны с влиянием усиленного выделения и действия эндорфинов, серотонина и, возможно, других биологически активных веществ непосредственно на структуры мозга, а периферические – с действием эндорфинов, поступивших в кровь. Следует подчеркнуть, что в формировании эффектов ТЭС, особенно периферических, ключевая (или триггерная) роль β -эндорфинов и других опиоидных пептидов несомненна. Кроме того, существенную роль в регенеративно-восстановительных процессах покровной ткани может оказывать нормализующее действие опиоидов на микроциркуляцию и лимфоток в месте кожного дефекта.

Важно отметить, что лечебное действие наблюдалось только в начальной фазе процесса ре-

парации, что приводило к ускоренному заживлению ран в этот временной период с уменьшением общих сроков регенерации дефекта. Эти данные показывают, что ТЭС в анальгетическом режиме оказывает комплексное лечебное воздействие. Природа данного явления требует еще более глубокого изучения, но уже сейчас можно констатировать факт наличия у животных ответных нейрохимических механизмов, направленных на регенеративно-восстановительные возможности организма под неинвазивным действием транскраниальной электроанальгезии (электростимуляции) [4, 11, 14, 18, 20, 22, 27].

ВЫВОДЫ

1. Подтверждается представление о том, что в организме существует уникальный механизм восстановительных процессов, значительную роль в которых играют опиоидергические антиноцицептивные структуры головного мозга, которые, в свою очередь, существенно влияют на процессы поддержания структурного гомеостаза.

2. Очень широкие показания к применению данной методики, при наличии ограниченного круга противопоказаний, являются естественным отражением основного свойства данного режима транскраниальной электростимуляции (электроанальгезии) – способности активировать защитные механизмы АНС, которые обладают большим спектром гомеостатических эффектов.

3. Гомеостатическая направленность действия транскраниальной электростимуляции проявляется в полной мере при нарушениях регуляции функций систем и органов, не изменяя нормально текущие процессы.

4. Простота и доступность метода, практическое отсутствие осложнений и противопоказаний делают целесообразным его широкое использование в экспериментально-клинической практике.

5. Способ транскраниальной электростимуляции (электроанальгезии) целесообразно применять, как химически чистый, в экспериментальной ветеринарии (медицине) на биологических объектах с целью нивелирования в организме присутствия лекарственных веществ и продуктов их биотрансформации.

6. Из-за простоты, доступности и отсутствия последствий, транскраниальную электростимуляцию (электроанальгезию) необходимо использовать в экспериментальной ветеринарии (медицине) при моделировании и изучения течения различных патологий у лабораторных животных.

7. Стимулирующее действие транскраниальной электроанальгезии на репаративные процессы у животных необходимо использовать в ветеринарной практике для сокращения сроков функциональной реабилитации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веселова Ф.А., Дашко Д.В. О перспективах применения транскраниальной электростимуляции при регенерации костной ткани // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. VII Всерос. (нац.) науч. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 20 декабря 2022 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2022. – С. 372–374.
2. Дашко Д.В. Влияние электростимуляции на регенерацию седалищного нерва // Иппология и ветеринария. – 2023. – № 1(47). – С. 129–137. – DOI: 10.52419/2225-1537/2023.1.129-137.
3. Dashko D.V. Treatment of purulo-necrotic pathology complicated by associated bacterial microflora in the hoof area in cows // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 г. – Orel, 2021. – P. 09015. – DOI: 10.1051/e3s-conf/202125409015.
4. *Morphofunctional changes in rabbit thymus with simultaneous vaccination and disinsection* / I.I. Silkin, A.S. Batomunkuev, D.V. Dashko, V.N. Tarasevich // IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Сер. 2, Smolensk, 25 января 2021 года. Vol. 723. – Smolensk, 2021. – P. 022060. – DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022060.
5. Дашко Д.В. Гематологические изменения у собак при электроанальгезии // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 58. – С. 102–108.
6. *Clinical usefulness of the anaesthetic protocol using low doses of Tiletamine – Zolazepam combination in continuous rate infusion as a partial intravenous anaesthesia in bitches undergoing laparoscopic surgery* / P. Kucharski, A. Antończyk, P. Prządka [et al.] // Topics in Companion Animal Medicine. – 2022. – Vol. 49. – P. 100664. – DOI: 10.1016/j.tcam.2022.100664.
7. Дашко Д.В. Клинико-лабораторное обоснование способа электроанальгезии собак // Вестник ИрГСХА. – 2013. – № 57–3. – С. 59–66.
8. Dashko D.V., Byambaa B. Treatment of purulent-necrotic diseases of the distal region of limbs complicated by bacterial microflora in cattle // Vestnik IrGSHA. – 2020. – No. 101. – P. 128–134. – DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-128-134.
9. Dashko D., Silkin I. Effect of transcranial electrotherapy stimulation on reparative regeneration of the damaged sciatic nerve in the experiment // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 г. – Orel, 2021. – P. 08010. – DOI: 10.1051/e3sconf/202125408010.
10. Dashko D.V., Silkin I.I. Relevance of the use of postmortem biomaterial of domesticated yak (*Bos grunniens*) to obtain stem cells from bone marrow // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 11–23. – DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-11-23.
11. Дашко Д.В. Определение оптимальных параметров тока и вариантов наложения электродов для проведения электроанальгезии у собак // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Иркутск, 17–18 апреля 2013 г. – Иркутск, 2013. – С. 183–187.
12. Дашко Д.В. Лечение гнойно-некротической патологии осложненной бактериальной инфекцией, в области дистального отдела конечностей у крупного рогатого скота // Год науки и технологий 2021: сб. тез. по мат-м Всерос. науч.-практ. конф., Краснодар, 9–12 февраля 2021 г. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 43.
13. Дашко Д.В. Оптимизация параметров тока и вариантов наложения электродов при электроанальгезии собак импульсным током прямоугольной формы // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2013. – № 6. – С. 27–32.
14. Dashko D., Tarasevich V., Melnik O. Experimental and clinical justification of male orchidectomy under local anesthesia in combination with xylazine and subanesthetic doses of zoletil // E3S Web of Conferences, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 г. – Yekaterinburg, 2020. – P. 2027. – DOI: 10.1051/e3sconf/202022202027.
15. Дашко Д.В., Батомункуев А.С. К вопросу применения перкутанного метода кастрации продуктивных животных в условиях производства // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 4(61). – С. 159–163. – DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.024.
16. Дашко Д.В., Мельцов И.В. Гистологическая структура печени маньчжурского золотистого перепела // Морфология. – 2020. – Т. 157, № 2–3. – С. 68.
17. *Electron-microscopic study of enterocytes of intestinal crypts of the small intestine of a hybrid of a yak (*Bos mutus*) with a cow of a black-and-white Holstein breed* / I.I. Silkin, A.S. Batomunkuev, D.V. Dashko, V.N. Tarasevich // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Сер. 3, Smolensk, 25 января 2021 г. – Smolensk: IOP PUBLISHING LTD, 2021. – P. 032084. – DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032084.

18. Дашко Д.В., Начатов Н.Я., Дарбинян А.А. Экспериментальное клинико-гематологическое обоснование параметров тока и вариантов наложения электродов при электроанальгезии собак импульсным током прямоугольной формы // Актуальные вопросы ветеринарной медицины: мат-лы Российс. науч.-практ. конф., Новосибирск, 13–14 февраля 2003 г. – Новосибирск, 2003. – С. 9–11.
19. Дашко Д.В., Силкин И.И., Урядников М.А. О природе неинвазивного действия на организм при транскраниальном электрическом воздействии // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти Александра Александровича Ежевского, п. Молодежный, 16–17 ноября 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 77–83.
20. Silkin I.I., Popov A.P., Dashko D.V. Prospects for using post-mortal genetic materials on the example of sable to ensure the biodiversity in natural systems // IOP conference series: earth and environmental science: The conference proceedings, Barnaul, 19–20 апреля 2019 г. Vol. 395. – IOP Publishing: IOP Publishing Ltd, 2019. – P. 012019. – DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012019.
21. Инюшева А.И., Дашко Д.В. Экспериментальное изучение анальгетического эффекта транскраниального электровоздействия // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат-лы XI Междунар. науч.-практ. конф., Иркутск, 28–29 апреля 2022 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет, 2022. – С. 430–437.
22. Кравченко А.А., Дашко Д.В. О перспективе снижения послеоперационной боли у собак // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы Всерос. студ. науч.-практ. конф., Иркутск, 16–17 февраля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 59–62.
23. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниального неинвазивного раздражения антиноцицептивных структур мозга на процессы репарации // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сб.мат-в Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Омск, 22–26 марта 2021 г. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2021. – С. 41–44.
24. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на исходную алкогольную мотивацию у крыс // Актуальные проблемы ветеринарной науки и практики: сб. мат-в Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Омск, 22–26 марта 2021 г. – Омск: Омский государственный аграрный университет, 2021. – С. 136–139.
25. Логунцова М.С., Дашко Д.В. Влияние транскраниальной электростимуляции на процессы репарации в эксперименте // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии: мат-лы X Междунар. науч.-практ. конф., Молодежный, 27–28 мая 2021 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет, 2021. – С. 114–115.
26. Марчук Т.Н., Дашко Д.В. Гематологические показатели у лабораторных животных при электростимуляции // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: мат-лы XXVII Междунар. науч.-произв. конф., Майский, 12 апреля 2023 г. Т. 2. – Майский: Белгород. гос. агр. ун-т им. В.Я. Горина, 2023. – С. 149–150.
27. Марчук Т.Н., Дашко Д.В. О возможности снижения послеоперационной боли у мелких домашних животных // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: мат-лы XXVII Междунар. науч.-произв. конф., Майский, 12 апреля 2023 г. Т. 2. – Майский: Белгород. гос. агр. ун-т им. В.Я. Горина, 2023. – С. 147–148.
28. Мухаметдинова А.В., Дашко Д.В. О возможности применения рефлексотерапии у овец // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: мат-лы Всерос. студ. науч.-практ. конф., Иркутск, 16–17 февраля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 80–83.
29. Силкин И.И., Дашко Д.В., Урядников М.А. Оптимизация способа общей анестезии кроликов // Климат, экология и сельское хозяйство Евразии: мат-лы XII междунар. науч.-практ. конф., п. Молодежный, 27–28 апреля 2023 г. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2023. – С. 303–307.

REFERENCES

1. Veselova F.A., Dashko D.V., *Rol' agrarnoy nauki v ustoychivom razvitii sel'skikh territoriy* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the VII All-Russian (national) scientific conference with international participation, Novosibirsk, 2022, pp. 372–374. (In Russ.)
2. Dashko D.V., *Ippologiya i veterinariya*, 2023, No. 1(47), pp. 129–137, DOI: 10.52419/2225-1537/2023.1.129-137. (In Russ.)
3. Dashko D.V., Treatment of purulo-necrotic pathology complicated by associated bacterial microflora in the hoof area in cows, *E3S Web of Conferences*, 2021, pp. 09015, DOI: 10.1051/e3sconf/202125409015.

4. Silkin I.I., Batomunkuev A.S., Dashko D.V., Tarasevich V.N., Morphofunctional changes in rabbit thymus with simultaneous vaccination and disinsection, *IOP conference series: earth and environmental science: Agriculture, field cultivation, animal husbandry, forestry and agricultural products Ser. 2*, 2021, Vol. 723, pp. 022060, DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022060.
5. Dashko D.V., *Vestnik IrGSKHA*, 2013, No. 58, pp. 102–108. (In Russ.)
6. Kucharski P., Antończyk A., Prządka P., Liszka B., Lachowska S., Kiełbowicz Z., Clinical usefulness of the anaesthetic protocol using low doses of Tiletamine – Zolazepam combination in continuous rate infusion as a partial intravenous anaesthesia in bitches undergoing laparoscopic surgery, *Topics in Companion Animal Medicine*, 2022, Vol. 49, pp. 100664, DOI: 10.1016/j.tcam.2022.100664.
7. Dashko D.V., *Vestnik IrGSKHA*, 2013, No. 57–3, pp. 59–66. (In Russ.)
8. Dashko D.V., Byambaa B., Treatment of purulent-necrotic diseases of the distal region of limbs complicated by bacterial microflora in cattle, *Vestnik IrGSHA*, 2020, No. 101, pp. 128–134, DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-128-134.
9. Dashko D., Silkin I., Effect of transcranial electrotherapy stimulation on reparative regeneration of the damaged sciatic nerve in the experiment, *E3S Web of Conferences*, 2021, pp. 08010, DOI: 10.1051/e3sconf/202125408010.
10. Dashko D.V., Silkin I.I., Relevance of the use of postmortem biomaterial of domesticated yak (*Bos grunniens*) to obtain stem cells from bone marrow, *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, Vol. 15, No. 2, pp. 11–23, DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-11-23.
11. Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK* (Scientific research and development for implementation in the agricultural sector), Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Irkutsk, 2013, pp. 183–187. (In Russ.)
12. Dashko D.V., *God nauki i tekhnologii 2021* (Year of Science and Technology 2021), Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnodar, 2021, pp. 43. (In Russ.)
13. Dashko D.V., *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki*, 2013, No. 6, pp. 27–32. (In Russ.)
14. Dashko D., Tarasevich V., Melnik O., Experimental and clinical justification of male orchidectomy under local anesthesia in combination with xylazine and subanesthetic doses of zoletil, *E3S Web of Conferences*, 2020, pp. 2027, DOI: 10.1051/e3sconf/202022202027.
15. Dashko D.V., Batomunkuev A.S., *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*, 2020, No. 4(61), pp. 159–163, DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.024. (In Russ.)
16. Dashko D.V., Meltsov I.V., *Morfologiya*, 2020, T. 157, No. 2–3, pp. 68. (In Russ.)
17. Silkin I.I., Batomunkuev A.S., Dashko D.V., Tarasevich V.N., Electron-microscopic study of enterocytes of intestinal crypts of the small intestine of a hybrid of a yak (*Bos mutus*) with a cow of a black-and-white Holstein breed, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Ser. 3*, IOP PUBLISHING LTD, 2021, pp. 032084, DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032084.
18. Dashko D.V., Nachatov N.Ya., Darbinyan A.A., *Aktual'nyye voprosy veterinarnoy meditsiny* (Current issues of veterinary medicine), Materials of the Russian Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2003, pp. 9–11. (In Russ.)
19. Dashko D.V., Silkin I.I., Uryadnikov M.A., *Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa* (Problems and prospects for the sustainable development of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the memory of Alexander Alexandrovich Ezhevsky, Irkutsk, 2023, pp. 77–83. (In Russ.)
20. Silkin I.I., Popov A.P., Dashko D.V., Prospects for using post-mortal genetic materials on the example of sable to ensure the biodiversity in natural systems, *IOP conference series: earth and environmental science: The conference proceedings*, IOP Publishing Ltd, 2019, Vol. 395, pp. 012019, DOI: 10.1088/1755-1315/395/1/012019.
21. Inyusheva A.I., Dashko D.V., *Klimat, ekologiya, sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology, agriculture of Eurasia), materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Irkutsk, 2022, pp. 430–437. (In Russ.)
22. Kravchenko A.A., Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference, Irkutsk, 2023, pp. 59–62. (In Russ.)
23. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Aktual'nyye problemy veterinarnoy nauki i praktiki* (Current problems of veterinary science and practice), Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Omsk, 2021, pp. 41–44. (In Russ.)
24. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Aktual'nyye problemy veterinarnoy nauki i praktiki* (Current problems of veterinary science and practice), Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Omsk, 2021, pp. 136–139. (In Russ.)
25. Loguntsova M.S., Dashko D.V., *Klimat, ekologiya, sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology, agriculture of Eurasia), Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, 2021, pp. 114–115. (In Russ.)

26. Marchuk T.N., Dashko D.V., *Izovy i innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke* (Challenges and innovative solutions in agricultural science), Proceedings of the XXVII International Scientific and Industrial Conference, Mayskiy, 2023, Vol. 2, pp. 149–150. (In Russ.)
27. Marchuk T.N., Dashko D.V., *Izovy i innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke* (Challenges and innovative solutions in agricultural science), Proceedings of the XXVII International Scientific and Industrial Conference, Mayskiy, 2023, Vol. 2, pp. 147–148. (In Russ.)
28. Mukhametdinova A.V., Dashko D.V., *Nauchnyye issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK* (Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex), Materials of the All-Russian student scientific and practical conference, Irkutsk, 2023, pp. 80–83. (In Russ.)
29. Silkin I.I., Dashko D.V., Uryadnikov M.A., *Klimat, ekologiya i sel'skoye khozyaystvo Yevrazii* (Climate, ecology and agriculture of Eurasia), Materials of the XII international scientific and practical conference, Molodezhny village, 2023, pp. 303–307. (In Russ.)

Информация об авторах:

М.А. Урядников, аспирант ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодёжный, Иркутский р-н г. Иркутск.

Д.В. Дашко, кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодёжный, Иркутский р-н г. Иркутск.

Contribution of the authors:

M.A. Uryadnikov, postgraduate student FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation.

D.V. Dashko, candidate of veterinary sciences, associate professor FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsk, Molodezhny, Russian Federation.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ ИНКУБАЦИОННОГО ЯЙЦА НА ВЫВОД МОЛОДНЯКА КРОССА ХАЙСЕКс БРАУН

¹О.В. Чепуштанова, ²О.Н. Пачина, ³Н.А. Маркова

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

²Племенной птицеводческий репродуктор «Свердловский», д. Баранникова, Свердловская область, Россия

E-mail: zooengineering@yandex.ru

Для цитирования: Чепуштанова О.В., Пачина О.Н., Маркова Н.А. Влияние сроков хранения инкубационного яйца на вывод молодняк кросса хайсекс браун // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 225–235. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-225-235.

Ключевые слова: технология, хранение, инкубация, выводимость, биологический контроль, вывод цыплят, сила влияния.

Реферат. Актуальность настоящей работы заключается в том, что техническая оснащенность современных инкубаторов не дает гарантии стопроцентного вывода цыплят. В связи с данным фактом возникла необходимость совершенствования и соблюдения режимов прединкубационного хранения яиц. Было изучено влияние сроков хранения инкубационных яиц на вывод цыплят. Объектом исследования служило инкубационное яйцо от кур яичного направления кросса хайсекс браун в возрасте 35 недель. Инкубационные яйца хранили в камере хранения при температуре от 12 до 21°C и относительной влажности от 75 до 85 % тупым концом вверх, в зависимости от срока хранения, но не более 15 дней. Технология инкубации выполнялась в поточном режиме, в последовательности всех технологических операций от получения инкубационного яйца до реализации суточного молодняк, с использованием инкубаторов для инкубации и вывода молодняк при соблюдении параметров микроклимата в помещениях инкубатория и режимов инкубации технологическим нормам. Результаты исследования показали, что срок хранения инкубационного яйца оказал влияние на химические показатели качества яйца: при увеличении времени хранения достоверно увеличивалось кислотное число в желтке, рН белка и желтка, снижалось содержание каротиноидов. Биологический контроль инкубации и вывод молодняк показали влияние срока хранения инкубационного яйца на вывод суточного молодняк: яйцо, хранившееся от 5 до 10 дней, обеспечило максимальный вывод молодняк 88,1 % и максимальное количество кондиционных курочек – 42,4 %. Данные экономической эффективности также показали максимальное получение прибыли от продажи суточных курочек, полученных из инкубационных яиц, хранившихся от 5 до 10 сут.

INFLUENCE OF HATCHING EGG STORAGE TIME ON HATCHING OF YOUNG CALVES OF THE CHASEX BRAUN CROSS

¹O.V. Chepushtanova, ²O.N. Pachina, ³N.A. Markova

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Breeding poultry breeder «Sverdlovsky», Barannikova village, Sverdlovsk region, Russia

E-mail: zooengineering@yandex.ru

Keywords: embryo development, incubation egg, technology, storage, terms and storage modes, incubation, hatchability, egg quality, biological control.

Abstract. The technical equipment of modern incubators does not guarantee one hundred percent hatching of chickens. In connection with this fact, there was a need to improve and comply with the regimes of pre-incubation storage of eggs. The influence of incubation egg storage periods on the hatching of chicks was studied. The object of the study was an incubation egg from meat-egg chickens of the Haysex Brown cross at the age of 35 weeks. Incubation eggs were stored in a storage chamber at a temperature from 12 to 21 °C and relative humidity from 75 to 85 % with the blunt end up, depending on the shelf life, but no more than 15 days. The incubation technology was carried out in a flow-through mode, in the sequence of all technological operations from the production of an incubation egg to the sale of daily young, using incubators for incubation and hatching of young animals, while observing the parameters of the microclimate in the premises of the hatchery and incubation modes according to technological standards. The results of the study showed that the shelf life of the incubation egg had an impact on the physico-chemical qualities of the egg: with an increase in the storage time, the acid number in the yolk

increased, the pH of the protein and yolk, the vitamin A content and the carotenoid content decreased. Biological control of incubation and hatchling showed the effect of the incubation egg shelf life on the hatch of daily young: an egg stored from 5 to 10 days provided the maximum hatchling of 88.1 % and the maximum number of conditioned chickens 42.4 %. The economic efficiency data also showed the maximum profit from the sale of daily chickens obtained from incubation eggs stored from 5 to 10 days.

Большинство рекомендаций по хранению яиц были сделаны еще в 1980-е гг., когда в основе лежал принцип создания естественных условий хранения. Этот принцип лег в основу современных одно- и многоступенчатых инкубаторов. Процесс хранения яиц перед инкубацией – необходимый технологический этап ряда последовательно выполняемых операций, однако известны не все физиологические аспекты, позволяющие минимизировать риск гибели эмбрионов во время хранения [1–3].

Для того, чтобы обосновать влияние сроков хранения инкубационного яйца на выводимость, необходимо разобраться с физиологией яйца от овуляции до снесения.

В скором времени после начала овуляции в воронке яйцевода оплодотворяется яйцеклетка. Через 5 ч после оплодотворения начинается первое деление зиготы, которое продолжается 11 ч. В центральной зоне зародыша формируются вертикальные борозды, где происходят первые 5 делений. Начинает формироваться подзародышевая полость, в ходе которой желток отделяется от центральных клеток зародыша горизонтальными бороздами. В течение следующих 11 ч горизонтальное и вертикальное деление чередуется, в результате чего в верхней части желтка образуется диск цитоплазмы. Следующим этапом, длящимся 8–9 ч, в нижней части бластомеры формируется прозрачная зародышевая зона, диаметр которой будет только увеличиваться, что говорит о том, что клетки бластодиска сталкиваются с клетками подзародышевой полости, образуя гипобласт [4, 5].

На этапе образования гипобласта, как правило, яйцо снесено и имеет в своем составе определенное количество клеток. В норме эмбрион состоит из 40–60 тыс. морфологически недифференцированных плюрипотентных клеток, однако влияние некоторых факторов может вызвать изменение их численности [6]. Многими исследованиями было установлено влияние таких факторов, как:

1. Возраст стада. На развитие клеток эмбриона при снесении яйца влияет возраст стада: лучшее развитие клеток было замечено у взрослого стада по сравнению с молодым [6, 7].

2. Живая масса птиц. Было доказано влияние массы тела на развитие эмбриона: птицы с уве-

личенной живой массой сносили яйца с наиболее развитыми эмбрионами по сравнению с птицами меньшей живой массой [8].

3. Очередность яиц в кладке. Определено, что на стадию развития клеток эмбриона влияет очередность яиц в клетке: момент от овуляции до снесения яйца часто удлинняется в плане времени прохождения яйца по яйцеводу, что влияет на развитие эмбрионов первых, средних и последних яиц в кладке. Эмбрионы первых и последних яиц имеют более высокое развитие в сравнении с яйцами, снесенными в середине [9].

4. Тип гнезд. Яйца, снесенные в гнезда с автоматическим яйцесбором, зачастую оказываются на более поздней стадии развития [5]. Это обусловлено тем, что яйца быстрее остывают после снесения, что, в свою очередь, приостанавливает развитие эмбриона по сравнению с теми гнездами, где присутствует курица или материал которых обладает теплоизоляционными свойствами, что позволяет сохранить тепло длительное время.

После снесения яйца начинаются закономерные и неотвратимые процессы старения, которые невозможно остановить. Данные процессы можно только замедлить, что позволяет современной технологии инкубации накопить большую партию яиц и получить одновозрастной молодняк [1, 10].

Несмотря на возросшую техническую оснащенность современных инкубаторов, существует несколько основных пиков гибели эмбрионов [11]. Из-за этого факта возникла необходимость совершенствовать и соблюдать режимы прединкубационного хранения яиц. В связи с этим работа приобретает актуальное значение и требует глубокого изучения.

Целью настоящей работы являлось установление влияния сроков хранения инкубационных яиц на вывод суточных цыплят кросса хайсекс браун.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование было проведено в условиях ООО Племенной птицеводческий репродуктор «Свердловский» – селекционно-генетического центра по разведения кросса хайсекс браун. Объектом исследования служило инкубационное

яйцо от кур яичного направления кросса хайсекс браун в возрасте 35 недель со сроком хранения от 1 до 15 дней. Материалами для исследования служила отчетная документация цеха инкубации и научно-производственные исследования.

Анализ технологических процессов проводили на основании изучения принятой схемы технологических процессов инкубации. Параметры микроклимата изучали с помощью установленного прибора, регулирующего автоматически микроклимат, централизованной программы контроля и управления инкубации SCKIFW.

Режим хранения инкубационного яйца и процессов инкубации изучали на основании фактических параметров микроклимата в инкубаторах. Изучение показателей инкубации яйца с различными сроками хранения и качество суточного молодняка проводилось на основе расчетов. Качество инкубационного яйца определяли по морфологическим и химическим показателям.

Морфологические показатели качества яиц:

1. Масса яйца. Главный показатель качества, определяемый путем индивидуального взвешивания на лабораторных весах вместе со скорлупой [2].

2. Прочность скорлупы. Показатель, напрямую связанный с механическим воздействием на яйцо и его сопротивлением в ответ на внешние факторы, от которого зависит степень поврежденности.

3. Толщина скорлупы. Показатель, измеряемый микрометром. Измерение проводят в трех частях яйца, а затем берут среднее значение.

4. Соотношение белка к желтку. Показатель напрямую связан с процентным содержанием воды в яйце.

5. Высота белка. Показатель, необходимый для определения единицы Хау. Ее измеряют с помощью микрометра, укрепленного на кронштейне, который установлен на столике с регулируемым уровнем поверхности.

6. Единицы Хау. Показатель, определяющий качество белка. Яйцо разбивается, и на плоское стекло выливается его содержимое, после чего высоотомером на расстоянии 10 мм от желтка измеряется высота стояния белка [12–15].

Из химических показателей определяли:

1. Кислотное число желтка – это количество миллиграммов едкого калия, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г исследуемых липидов, выражается в мг КОН/г. Определяется титрическим методом с визуальной индикацией.

2. Водородный показатель (pH) белка и желтка. Показатель, определяющий кислотность содержимого яйца, используется ионометрический метод с использованием специального прибора pH-метр.

3. Содержание витамина А. Современный анализ определения количества каротиноидов и витамина А – высокоэффективная жидкостная хроматография. При анализе используют омыление гидроксидом калия или экстракцией органическими растворителями, в обоих случаях применяют антиоксиданты.

4. Содержание каротиноидов. Современный анализ определения количества каротиноидов – высокоэффективная жидкостная хроматография. Интенсивность окраски желтка зависит от содержания в них каротиноидов.

Определение показателей инкубации (оплодотворяемость яиц, выводимость яиц, вывод цыплят) проводилось по общепринятым методам.

Отходы инкубации определяли как процентное соотношение суммы отходов инкубации («кровь-кольцо», неоплодотворенные яйца, «замершие», «задохлики», различные уродства, слабые, калеки) и суммы яиц к моменту закладки [16].

Качество суточного молодняка оценивали в соответствии с ГОСТ 10329–2003 «Суточный молодняк кур. Технические условия» по таким фенотипическим признакам, как масса, подвижность, состояние глаз, ног, клюва, пуповины, клоаки, оперение и масса внутриутробного остаточного желтка. При оценке суточных цыплят их подразделяли на кондиционных, некондиционных и калек. Некондиционные и калеки выбраковываются визуально согласно нормам зоотехнической сортировки.

Соотношение курочек к петушкам определяли по числу вылупившихся курочек к петушкам, выраженное в процентах.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Для определения экономической эффективности применения различных сроков хранения инкубационного яйца учитывали затраты на инкубацию с учетом вывода молодняка и цены реализации кондиционных курочек.

С целью проведения научно-производственного опыта по определению влияния срока хранения инкубационных яиц было отобрано три партии яиц от кур кросса хайсекс браун в возрасте 35 недель: группа первая – со сроком хранения от 1 до 4 дней, группа вторая – от 5 до 10 дней

и группа третья – от 11 до 15 дней по 16 128 шт. яиц для закладки в инкубатор ИП-36-СТИ.

Яйцо инкубационное хранилось в инкубационных лотках и инкубационных тележках [17–19]. С увеличением срока хранения инкубационного яйца, температура хранения снижалась с 21 до 12 °С, а относительная влажность увеличивалась на 5–10 %. Инкубационное яйцо первой группы с 1 до 4 день хранилось при температуре от 18 до 21 °С при относительной влажности 75–80 % и затем было перемещено в инкубатор. Яйца второй группы в течение первых семи дней хранились при температуре от 15 до 17 °С при относительной влажности 75–80 %, в течение последующих трёх дней хранение осуществлялось при температуре от 12 до 14 °С при относительной влажности 80–85 %. Яйца третьей группы в течение первых семи дней хранились при температуре от 15 до 17 °С при относительной влажности 75–80 %, в течение последующих восьми дней хранение осуществлялось при температуре 12–14 °С при относительной влажности 80–85 %. Яйца всех групп хранились тупым концом вверх.

Условия инкубации соответствовали технологии инкубации яиц на предприятии.

Важным фактором, влияющим на сохранение инкубационных качеств яиц, является их своевременная доставка в цех инкубации.

Технология хранения инкубационного яйца включает следующие этапы:

1. Перемещение яйца в камеру хранения (расположение их по срокам накопления и хранения с

датой снесения яиц на определенном расстоянии от стены).

2. Ежедневный контроль температурно-влажностного режима с помощью термометров и гигрометров с фиксацией записей в журнал.

3. Укладка яйца. Укладывать яйцо следует в соответствии с запланированной датой закладки, графиком закладки, при этом делать это своевременно, чтобы было достаточно времени для подготовки яиц к инкубации. С учетом правильной укладки допускать резкие перепады температуры при работе с инкубационным яйцом нельзя, при этом для более высокого процента выводимости необходимо строго соблюдать условия хранения.

Технологический процесс в инкубатории выполнялся в поточном режиме, в строгой последовательности всех технологических операций от получения инкубационных яиц до реализации суточного молодняка. В период инкубации использовали инкубатор предварительный ИП- 6-СТИ (для инкубации яиц) и инкубатор ИВ-18-СТИ (для вывода цыплят).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Контроль качества инкубационных яиц проводили с помощью специальных методов в зоотехнической лаборатории, которая оборудована специализированным оснащением. Существует большое количество методов, которые позволяют определить показатели качества инкубационного яйца (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества инкубационного яйца, $n = 10$
Incubation egg quality indicators, $n = 10$

Показатель	Норма	Группа		
		Первая	Вторая	Третья
Масса яиц, г	50–73	63,3±0,3	62,7±0,3	63,5±0,27
Прочность скорлупы, Н	≥ 36	45,5±0,45	48,6±0,43	46,7±0,56
Толщина скорлупы, мм	0,34	0,40±0,2	0,42±0,01	0,41±0,02
Соотношение белка к желтку	2–2,7	2,38±0,08	2,47±0,07	2,54±0,07
Единицы Хау	85–90	86±1,5	84±1,7	84±0,8
Высота белка, мм	7–9	7,54±0,27	7,31±0,29	7,80±0,14
Кислотное число в желтке, мг КОН/г	≤ 5	3,78±0,05	3,85±0,03	4,10±0,04***
pH белка	8,5–9	8,53±0,02	8,82±0,08**	8,90±0,04***
pH желтка	≤ 5,8–6,2	5,93±0,05	6,00±0,04	6,63±0,05***
Содержание вит. А, мкг/кг	7–9	7,36±0,21	7,91±0,20*	8,76±0,13***
Содержание каротиноидов мкг/кг	15–30	19,79±1,20	16,48±0,36**	15,57±0,17***

Примечание. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$.

По данным табл. 1 видно, что срок хранения яйца с 1 до 15 дней не влияет на морфологические качества, все они соответствуют установленным нормам, однако срок хранения напрямую повлиял на химические показатели.

Кислотное число в желтке инкубационных яиц всех групп было в пределах нормы, однако было отмечено увеличение данного показателя у яйца, хранившегося 5–10 дней и 11–15 дней на 0,07 и 0,32 мг КОН/г по отношению к яйцу, хранившемуся 1–4 дня, что в дальнейшем может оказать влияние на вывод суточных цыплят. Наибольшее и достоверное значение данного показателя было отмечено в третьей группе: $4,10 \pm 0,04$ мг КОН/г ($Cv \pm m_{cv} = 2,82 \pm 0,63$ %) при достоверной разнице при $p < 0,001$.

Величина водородного показателя белка и желтка говорит о пригодности яиц к инкубации [20]. Так, отмечено увеличение данных показателей с продлением срока хранения яйца. Водородный показатель белка подопытных инкубационных яиц был в пределах нормы, однако в связи с выделением углекислого газа из яйца в процессе хранения было отмечено увеличение данного показателя у яйца, хранившегося до 10 дней и до 15 дней на 0,29 пунктов и 0,37 пунктов по отношению к яйцу, хранившемуся до четырех дней, что в дальнейшем может оказать влияние на процент вывода суточных цыплят. Наименьший водородный показатель белка наблюдался в первой группе $8,53 \pm 0,02$ ($Cv \pm m_{cv} = 0,79 \pm 0,18$ %), затем к 10-му и 15-му дню хранения увеличивался до $8,82 \pm 0,08$ ($Cv \pm m_{cv} = 2,71 \pm 0,61$ %), при достоверной разнице при $p < 0,01$ и до $8,90 \pm 0,04$ ($Cv \pm m_{cv} = 1,59 \pm 0,36$ %), при достоверной разнице при $p < 0,001$ соответственно.

Водородный показатель желтка инкубационных яиц всех групп был в пределах нормы, однако было отмечено увеличение данного показателя у яйца, хранившегося до 15 дней на 0,7 пунктов по отношению к яйцу, хранившемуся до четырех дней, что в дальнейшем может оказать влияние на вывод суточных цыплят. Наибольшее и достоверное значение данного показателя было отмечено в третьей группе: $4,10 \pm 0,04$ ($Cv \pm m_{cv} = 2,82 \pm 0,63$ %) при достоверной разнице при $p < 0,001$.

Содержание витамина А в яйце оказывает влияние на рост, дифференцировку тканей, резистентность эмбрионов и выведенного молодняка [21]. При недостатке этого витамина в инкуба-

ционных яйцах происходит гибель эмбрионов через 48 ч инкубации по причине неразвившейся системы кровообращения. Содержание витамина А подопытных инкубационных яиц было в пределах нормы от $7,36 \pm 0,21$ ($Cv \pm m_{cv} = 9,13 \pm 2,04$ %) до $8,76 \pm 0,13$ ($Cv \pm m_{cv} = 4,54 \pm 1,02$ %) мкг/кг, достоверные различия наблюдались в пределах нормативных значений, следовательно, изменения происходят с разной интенсивностью и срок хранения инкубационного яйца не оказал влияния на разрушение витамина А в желтке.

Интенсивность окраски желтка зависит от содержания в них каротиноидов. При недостаточном их количестве яйцо считается неполноценным. Нарушается обмен веществ, развитие зародыша задерживается или он погибает. Каротиноиды необходимы для нормального развития зародыша, его роста и жизнеспособности [12–15, 22].

Так, с увеличением срока хранения яйца достоверно снижается количество каротиноидов с $19,79 \pm 1,20$ ($Cv \pm m_{cv} = 19,38 \pm 4,31$ %) до $15,57 \pm 0,17$ ($Cv \pm m_{cv} = 3,36 \pm 0,75$ %) мкг/кг, но все значения находятся в пределах нормы. Снижение уровня витамина А и каротиноидов в яйце может привести к гибели эмбрионов во все периоды инкубации.

Результаты дисперсионного анализа позволяют определить силу и достоверность влияния сроков хранения инкубационного яйца на показатели их качества. С вероятностью 95 % данный фактор не оказывает влияние на следующие показатели: массу яиц, прочность скорлупы, толщину скорлупы, соотношение белка к желтку, единицы Хау, высоту белка. Установлены наиболее высокие и достоверные показатели силы влияния сроков хранения инкубационного яйца на рН желтка с долей – 83,63 % ($p < 2,46 \cdot 10^{-11}$), на кислотное число в желтке – 58,53 % ($p < 6,91 \cdot 10^{-6}$), на содержание витамина А – 51,97 % ($p < 5,02 \cdot 10^{-5}$), на рН белка – 50,70 % ($p < 7,13 \cdot 10^{-5}$), на содержание каротиноидов – 40,50 % ($p < 9,03 \cdot 10^{-4}$).

Влияние срока хранения инкубационного яйца оказало влияние не только на химические показатели яйца, но и результаты инкубации (табл. 2).

Таблица 2

Результаты инкубации яиц с различным сроком хранения и вывода суточного молодняка
The results of incubation of eggs with different shelf life and withdrawal of daily young

Показатель	Группа		
	Первая	Вторая	Третья
Биологический контроль инкубации	7,5 дней		
Закладка яиц, шт.	16 128	16 128	16 128
Кровяное кольцо, %	0,8	0,4	2,5
Ложный неоплод, %	1,3	3,9	5,3
Неоплодотворенное яйцо, %	2,6	2,3	2,5
Отходы инкубации в 7,5 дней	4,7	6,6	10,3
Биологический контроль инкубации	18,5 дней		
«Замершие» эмбрионы, %	1,8	1,2	2,4
Отходы инкубации в 11,5 дней	6,5	7,8	12,7
Результаты вывода молодняка	21 день		
Задохлики, %	1,3	1,4	1,4
Уродства, %	2,1	1,5	2,3
Слабые цыплята, %	2,6	1,2	1,4
Итого отходов инкубации	12,5	11,9	17,8
Оплодотворенность, %	97,4	97,7	97,5
Выводимость яиц	89,8	90,1	84,3
Количество кондиционных цыплят, шт.	14 112	14 208	13 257
Вывод молодняка, %	87,5	88,1	82,2
Количество кондиционных курочек, шт.	6 773	6 834	6 403
Соотношение курочек к петушкам, %	48,0	48,1	48,3
Количество инкубационного яйца на одну кондиционную курочку, шт.	2,38	2,35	2,52

В связи с данными табл. 3 и по результатам биологического контроля инкубации в 7,5 дней количество неоплодотворенных яиц находилось в пределах нормы от 2,3 до 2,6 %; «ложный неоплод» у яиц, хранившихся 5–10 дней, увеличился на 2,6 %, хранившихся 11–15 дней – на 4 %, количество погибших эмбрионов со 2-го по 6-й

день инкубации, так называемое «крово-кольцо» (кровяное кольцо) с увеличением сроков хранения до 11–15 дней увеличивается на 1,7 % (рис. 1).

Общее количество отходов инкубации на 7,5 дней инкубации составило от яиц, хранившихся 1–4 дня, – 4,7 %, 5–10 дней – 6,6 %, 11–15 дней – 10,3 %.

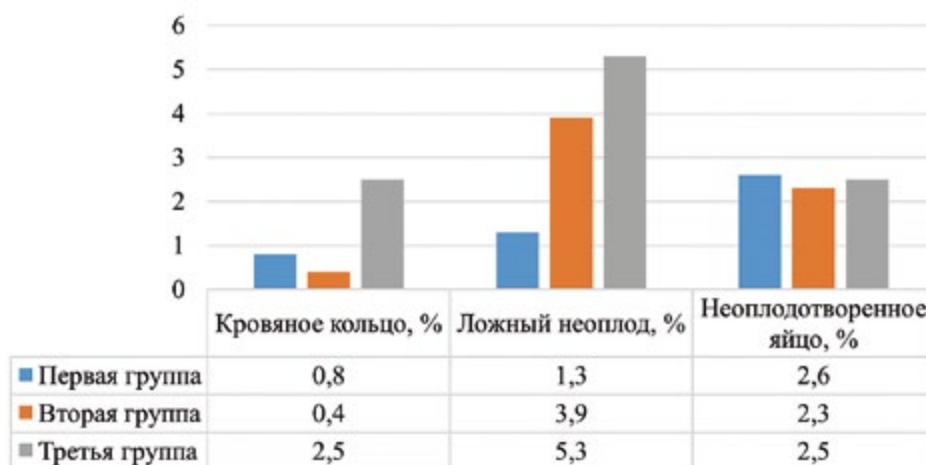


Рис. 1. Результаты биологического контроля инкубации на 7,5 дней
Results of biological control of incubation for 7.5 days

Овоскопирование яиц на 18,5 дней инкубации свидетельствовало, что количество «замерших» эмбрионов с увеличением сроков хранения инкубационного яйца до 5–10 дней увеличивается на 1,3 %, до 11–15 дней – на 6,2 % по сравнению с хранением в 1–4 дня.

Количество «задохликов» при увеличении срока хранения инкубационного яйца увеличивается более чем 4 дня, на 0,1 % (рис. 2).

Общее количество отходов инкубации на 18,5 дней инкубации составило от яиц, хранившихся 1–4 дня, – 6,5 %, 5–10 дней – 7,8 %, до 11–15 дней – 12,7 %.

После вывода молодняка оценивают суточный молодняк. Так, с увеличением срока хранения яйца до 11–15 дней наблюдается увеличение процента уродств цыплят на 0,2 %. Увеличение срока хранения яйца не повлияло на увеличение количества слабых цыплят.

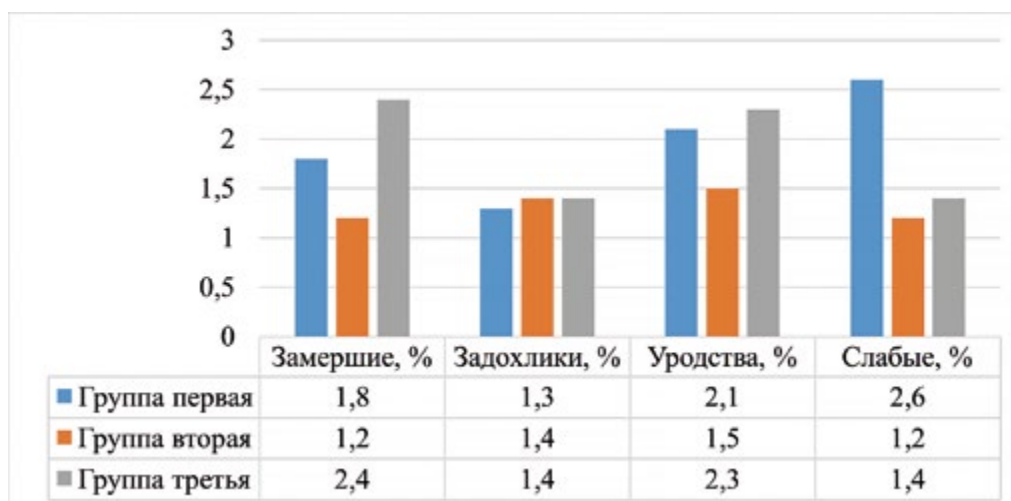


Рис. 2. Результаты биологического контроля инкубации на 18,5 дней и 21 день

Results of biological control of incubation for 18.5 and 21 days

Анализ результатов инкубации показал, что наименьший процент отходов инкубации (11,9 %) был отмечен у инкубационного яйца, хранившегося

5–10 дней, наибольший процент – 17,8 % отмечен у яйца, хранившегося 11–15 дней (рис. 3).

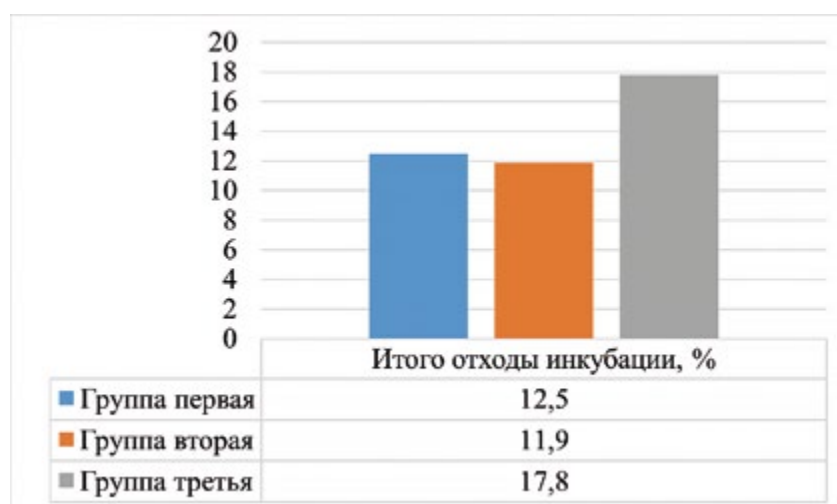


Рис. 3. Результаты инкубации

Incubation results

Оплодотворенность яиц была в пределах нормы 97,4–97,7 % во всех подопытных образцах, однако следует отметить наибольший процент

выводимости яиц 90,1 %, хранившихся 5–10 дней, наименьший – 84,3 % у яиц, хранившихся 11–15 дней.

Оплодотворенность и выводимость яиц повлияли на вывод суточных цыплят. Так, наибольший процент вывода цыплят наблюдался от яиц,

срок хранения которых был 5–10 дней (88,1 %), а наименьший – от яиц, срок хранения которых был 11–15 дней: 82,2 % (рис. 4).

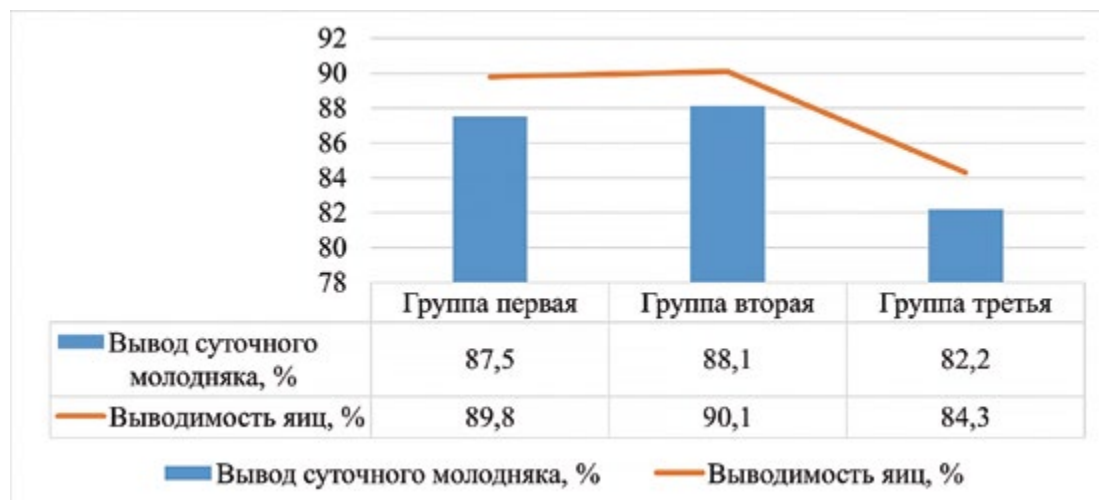


Рис. 4. Результаты вывода цыплят
Chicken breeding results

Наибольшее количество кондиционных цыплят было получено от инкубационных яиц второй группы – 14 208 гол., в том числе курочек 6 834 гол., что на 0,89 % больше, чем в первой группе и на 6,3 % больше, чем в третьей группе; наименьшее количество цыплят получено от яиц третьей группы: 13 257 гол., в том числе курочек 6 403 гол.

Соотношение курочек и петушков во всех подопытных образцах было в пределах 48 %.

Для селекционно-генетического центра важным остается такой показатель, как количество инкубационного яйца на одну курочку.

Так, наименьшее количество инкубационного яйца – 2,35 шт., необходимое для получения одной курочки, можно закладывать в инкубатор со сроком хранения от пяти до десяти дней.

По результатам анализа инкубации проведен расчет экономической эффективности работы инкубатория в ООО ППР «Свердловский» при разных сроках хранения яйца (в расчете на 16128 заложенных яиц) (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность
Economic efficiency

Показатель	Группа		
	Первая	Вторая	Третья
1	2	3	4
Продолжительность хранения инкубационного яйца, дн.	1–4	5–10	11–15
Заложено яиц, шт.	16 128	16 128	16 128
Кол-во кондиционных цыплят (курочек), шт.	6 773	6 834	6 403
Затраты на инкубацию на 1 яйцо, руб.	4,1	4,1	4,1
Затраты на инкубацию всех яиц, руб.	66 125	66 125	66 125
Кол-во инкубационного яйца на 1 гол. цыпленка (курочки), шт.	2,4	2,36	2,52
Себестоимость 1 яйца на предприятии, руб.	6,77	6,77	6,77

1	2	3	4
Себестоимость 1 гол. суточного кондиционного цыпленка (курочки), руб.	29,99	29,63	31,37
В том числе:			
затраты на яйцо на 1 гол.	16,25	15,98	17,06
затраты на инкубацию 1 гол.	9,76	9,67	10,33
коммерческие затраты на 1 гол.	3,98	3,98	3,98
Итого затрат на выведенного молодняка, руб.	203 123	202 491	200 862
Цена реализации 1 гол. суточных цыплят, (курочки) руб.	53,53	53,53	53,53
Стоимость суточных курочек, руб.	362 559	365 842	342 753
Прибыль от реализации суточных курочек, руб.	159 436	163 354	141 891
Дополнительная прибыль от реализации суточных курочек, руб.	17 645	21 460	–

На инкубацию было заложено по 16 128 шт. яиц с различным сроком хранения. Затраты на инкубацию составили 66 125 руб., в том числе на одно яйцо инкубации 4,1 руб. По результатам инкубации на одну кондиционную курочку требуется 2,36–2,52 шт. яиц. Себестоимость одного яйца на предприятии 6,77 руб., следовательно, минимальная себестоимость одной головы суточной курочки считается от яйца, хранившегося до 10 дней 29,63 руб.

Срок хранения инкубационного яйца оказал влияние не только на результаты инкубации, но и на прибыль от реализации цыплят. Так, при цене реализации суточной курочки кросса хайсекс браун 53,53 руб. дополнительно (по сравнению с реализацией суточных курочек, полученных из инкубационного яйца, хранившегося до 15 дней) от реализации суточных курочек, полученных из инкубационного яйца, хранившегося до десяти дней, может быть выручено 21 460 руб., от реализации суточных курочек, полученных из инкубационного яйца, хранившегося до четырех дней, – 17 645 руб.

ВЫВОДЫ

1. Наибольший вывод цыплят кур-несушек был получен при хранении яиц не более десяти дней. Увеличение срока хранения инкубационного яйца более десяти дней приводит к значительному снижению вывода молодняка и может быть нецелесообразным для хозяйства.

2. Срок хранения инкубационного яйца значительно оказал влияние на химические показатели качества яйца. Достоверно увеличивается кислотное число в желтке, pH белка и желтка, содержание витамина А, при этом снижается содержание каротиноидов.

3. По результатам инкубации на одну кондиционную курочку требуется 2,36–2,52 шт. яиц. Максимальное количество прибыли получено от реализации суточных курочек, полученных из инкубационных яиц, хранившихся от пяти до десяти суток.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманов Ф.И., Степанова Е.И., Челнокова М.И. Влияние морфометрических и биофизических показателей куриных яиц на результаты инкубации // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 33–41.
2. Колокольникова Т.Н., Сунцова О.А., Полянская В.В. Изменение качества инкубационных яиц при хранении в герметичной упаковке // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2019. – № 3(56). – С. 73–79.
3. Effect of weight and storage time of broiler breeders' eggs on morphology and biochemical features of eggs, embryogenesis, hatchability, and chick quality / S. Nowaczewski, M. Babuszkiewicz, T. Szablewski [et al.] // Animal. – 2022. – Vol. 16, № 7. – P. 100564.
4. Епимахова Е.Э., Кудрявец Н.И. Технологические приемы снижения ранней эмбриональной смертности кур // Зоотехническая наука Беларуси. – 2021. – Т. 56, № 2. – С. 119–125.
5. Забудский Ю.И. Репродуктивная функция у гибридной сельскохозяйственной птицы. Сообщение V. Влияние хранения инкубационных яиц // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 4. – С. 667–680.

6. Волкова Н.А., Ветох А.Н., Зиновьева Н.А. Редактирование генома сельскохозяйственной птицы: современное состояние и перспективы использования в птицеводстве (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 6. – С. 1015–1030.
7. Березина В.В. Результаты инкубации яиц кур разного возраста // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург – Пушкин, 15–17 марта 2023 г. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. агр. ун-т, 2023. – С. 184–187.
8. *Adipokines expression and effects in oocyte maturation, fertilization and early embryo development: lessons from mammals and birds* / A. Estienne, A. Brossaud, M. Reverchon [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, № 10. – P. 3581.
9. Wang Y., Riedstra B., Groothuis T. Embryonic heart rate is affected by yolk androgens and egg laying sequence, and correlates with embryonic tissue growth: a study in rock pigeons // General and Comparative Endocrinology. – 2023. – Vol. 333. – P. 114213.
10. Сагинбаева М.Б., Бостанова С.К. Взаимосвязь эмбрионального развития цыплят со сроками хранения инкубационных яиц // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2020. – № 1(104). – С. 49–60.
11. Хишиар Т.Д. Критические периоды развития и пики смертности эмбрионов при инкубации // Национальная ассоциация ученых. – 2021. – № 68–2. – С. 20–22.
12. *Egg storage and breeder age impact on egg quality and embryo development* / H. Nasri, H. Brand, T. Najjar [et al.] // Journal of animal physiology and animal nutrition. – 2020. – Vol. 104, № 1. – С. 257–268.
13. Мокрецова А.С., Огурцов С.С. Морфологические показатели куриных яиц в зависимости от их массы // Студенческая наука – первый шаг к цифровизации сельского хозяйства: мат-лы Всерос. студ. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. В 3-х ч, Чебоксары, 15 октября 2021 г. Ч. 3. – Чебоксары, 2021. – С. 182–184.
14. Влияние срока хранения на морфологические и биохимические качества яиц кур / М.А. Волонсевич, А.В. Малец, В.Ю. Горчаков [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по мат-лам XXV Междунар. науч.-практ. конференции, Гродно, 13 мая, 21 апреля, 10 июня 2022 г., Беларусь, учреждение образования Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно, 2022. – С. 117–118.
15. Щербатов В.И., Бачина К.Н. Морфологические показатели и качество яиц перепелов разных пород // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 16–26.
16. Дарьин А.И. Воспроизводительные качества индеек родительского стада ГК «Дамате» // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф., 24–25 октября 2022 г. – Пенза, 2022. – С. 372–375.
17. Влияние условий и сроков предынкубационного хранения яиц на жизнеспособность эмбрионов кур / А.И. Киселев, В.С. Ерашевич, Л.Д. Рак [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2022. – № 25–2. – С. 47–55.
18. Бзыкова К.И. Влияние сроков хранения инкубационных яиц на рост и жизнеспособность молодняка // Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ, 2020. – Т. 57. – С. 13–15.
19. Адамов А.В. Проблематика формирования технологии инкубации яиц сельскохозяйственной птицы для ЛПХ // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире: сб. науч. ст. по мат-лам X Междунар. науч.-практ. конф. в 3 ч, Уфа, 21 марта 2023 г. Ч. 1. – Уфа, 2023. – С. 152–156.
20. Наумова В.В. Влияние массы и формы яиц кур на их инкубационные качества // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. – Ульяновск, 2019. – С. 73–75.
21. Наумова В.В. Качественные показатели яиц разных кроссов // Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России: мат-лы Всерос. науч. производ. конф. Ч. 2. – Ульяновск, 2018. – С. 160–163.
22. *Overview on recent findings of nutritional and non-nutritional factors affecting egg yolk pigmentation* / D. Zurak, P. Slovenec, Z. Janječić [et al.] // World's Poultry Science Journal. – 2022. – Vol. 78, № 2. – P. 531–560.

REFERENCES

1. Suleimanov F.I., Stepanova E.I., Chelnokova M.I., *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2021, No. 3, pp. 33–41. (In Russ.)
2. Kolokol'nikova T.N., Suntsova O.A., Polyanskaya V.V., *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova*, 2019, No. 3(56), pp. 73–79. (In Russ.)
3. Nowaczewski S., Babuszkiewicz M., Szablewski T. [et al.], Effect of weight and storage time of broiler breeders' eggs on morphology and biochemical features of eggs, embryogenesis, hatchability, and chick quality, *Animal*, 2022, Vol. 16, No. 7, pp. 100564.

4. Epimakhova E.E., Kudryavets N.I., *Zootehnicheskaya nauka Belarusi*, 2021, Vol. 56, No. 2, pp. 119–125. (In Russ.)
5. Zabudskii Yu.I., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2019, Vol. 54, No. 4, pp. 667–680. (In Russ.)
6. Volkova N.A., Vetokh A.N., Zinov'eva N.A., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2021, Vol. 56, No. 6, pp. 1015–1030. (In Russ.)
7. Berezina V.V., *Intellektual'nyi potentsial molodykh uchenykh kak draiver razvitiya APK* (Intellectual potential of young scientists as a driver of agricultural development), Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists and students, Sankt- Petersburg, 2023, pp. 184–187. (In Russ.)
8. Estienne A., Brossaud A., Reverchon M., Ramé C., Froment P., Dupont J., Adipokines expression and effects in oocyte maturation, fertilization and early embryo development: lessons from mammals and birds, *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, Vol. 21, No. 10, pp. 3581.
9. Wang Y., Riedstra B., Groothuis T., Embryonic heart rate is affected by yolk androgens and egg laying sequence, and correlates with embryonic tissue growth: a study in rock pigeons, *General and Comparative Endocrinology*, 2023, Vol. 333, pp. 114213.
10. Saginbaeva M.B., Bostanova S.K., *Vestnik nauki Kazahskogo agrotehnicheskogo universiteta im. S. Seifullina*, 2020, No. 1(104), pp. 49–60. (In Russ.)
11. Hishiar T.D., *Nacional'naja asociacija uchenykh*, 2021, No. 68–2, pp. 20–22. (In Russ.)
12. Nasri H., Brand H., Najjar T., Bouzouaia M., Egg storage and breeder age impact on egg quality and embryo development, *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 2020, Vol. 104, No. 1, pp. 257–268.
13. Mokrecova A.S., Ogurcov S.S., *Studencheskaja nauka – pervyj shag k cifrovizacii sel'skogo hozjajstva* (Student science is the first step towards digitalization of agriculture), Proceedings of the All-Russian student scientific and practical conference, Cheboksary, 2021, pp. 182–184. (In Russ.)
14. Volonsevich M.A., Malec A.V., Gorchakov V.Ju., Kiselev A.I., Erashevich V.S., Rak L.D., *Sovremennye tehnologii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva* (Modern technologies of agricultural production), Proceedings of the 15 International Scientific and Practical Conference, Grodno, 2022, pp. 117–118. (In Russ.)
15. Shherbatov V.I., Bachinina K.N., *Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 168, pp. 16–26. (In Russ.)
16. Dar'in A.I. *Agropromyshlennyj kompleks: sostojanie, problemy, perspektivy* (Agro-industrial complex: state, problems, prospects), Proceedings of the Conference Title, Penza, 2022, pp. 372–375. (In Russ.)
17. Kiselev A.I., Erashevich V.S., Rak L.D., Volonsevich M.A., Malec A.V., Gorchakovuo V.Ju., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva* (Current issues of intensive development of animal husbandry), 2022, No. 25–2, pp. 47–55. (In Russ.)
18. Bzykova K.I. *Vestnik nauchnykh trudov molodykh uchjonykh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO «Gorskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet»*, 2020, Vol. 57, pp. 13–15. (In Russ.)
19. Adamov A.V., *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: innovatika v sovremennom mire* (Fundamental and applied scientific research: Innovation in the modern world), Proceedings of the Conference Title, Ufa, 2023, pp. 152–156. (In Russ.)
20. Naumova V.V., *Agrarnaja nauka i obrazovanie na sovremennom jetape razvitiya: opyt, problemy i puti ih reshenija* (Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them), Proceedings of the all-Russian Scientific and Industrial Conference, Vol. 2, Ulyanovsk, 2019, pp. 73–75. (In Russ.)
21. Naumova V.V., *Innovacionnye tehnologii v agrarnom obrazovanii, nauke i APK Rossii* (Innovative technologies in agricultural education, science and agriculture of Russia), Proceedings of the all-Russian Scientific and Industrial Conference, Ulyanovsk, 2018, pp. 160–163. (In Russ.)
22. Zurak D., Slovenec P., Janječić Z., Bedeković D., Pintar J., Kljak K., Overview on recent findings of nutritional and non-nutritional factors affecting egg yolk pigmentation, *World's Poultry Science Journal*, 2022, Vol. 78, No. 2, pp. 531–560.

Информация об авторах:

О.В. Чепуштанова, кандидат биологических наук
 О.Н. Пачина, главный зоотехник-селекционер
 Н.А. Маркова, ведущий специалист отдела маркетинга

Contribution of the authors:

O.V. Chepushtanova, candidate of Biological Sciences
 O.N. Pachina, chief livestock breeder
 N.A. Markova, leading marketing specialist

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ОЦЕНКА БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА ПРЕПАРАТА АРГОЦИД

¹В.О. Чердакова, ¹В.С. Бряднов, ^{1,2}Н.Н. Шкиль, ^{1,3}А.Н. Швыдков, ³В.С. Голубев

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН), Новосибирск, Россия

³Общество с ограниченной ответственностью производственное объединение «Сиббиофарм» (ООО ПО «Сиббиофарм»), Новосибирск, Россия

E-mail: vloshhinina@list.ru

Для цитирования: Оценка бактерицидной активности лабораторного образца препарата Аргоцид / В.О. Чердакова, В.С. Бряднов, Н.Н. Шкиль, А.Н. Швыдков, В.С. Голубев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 236–242. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-236-242.

Ключевые слова: Арговит, Биосиб Ацид, наночастицы серебра, ферменты, микроорганизмы, бактерицидная активность.

Реферат. Разработан лабораторный образец препарата Аргоцид, в состав которого входит препарат Арговит (ООО НПЦ «Вектор-Вита», г. Новосибирск, Россия), содержащий наночастицы серебра, и ферментный препарат для консервации кормов Биосиб Ацид (НПО «Сиббиофарм», г. Бердск, Россия). Для исследования использовали штаммы микроорганизмов и их изоляты – *St. aureus* ATCC 25953, *St. epidermidis* ATCC 14990, *Str. agalactiae* ATCC12386, *Str. disgalactiae* ATCC27957, *Str. pyogenes* ATCC 19615, *S. enteritidis* ATCC 13076, *Pr. vulgaris* ATCC 6380, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *e. Coli* ATCC 25922. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным веществам и их сочетаниям проводили методом последовательных серийных разведений в МПБ. В качестве изучаемых средств использовали водное 10,0%-е разведение препарата Арговит, 10,0%-й водной раствор препарата Биосиб Ацид и 10%-й лабораторный образец препарата Аргоцид, состоящий из 10,0 %-го препарата Арговит и 10,0%-го препарата Биосиб Ацид в равном количестве. Проведение оценки бактерицидной активности препаратов Арговит, Биосиб Ацид и лабораторного образца препарата Аргоцид позволило построить ряд убывающей антимикробной активности установить, где наибольшие показатели отмечены у *Str. disgalactiae* ATCC27957 (0,01 мкг/мл) > *St. aureus* ATCC 25953, *Str. agalactiae* ATCC 12386, *E. coli* ATCC 25922 (0,05 мкг/мл) > *St. epidermidis* ATCC 14990 (0,1 мкг/мл) > *S. enteritidis* ATCC 13076 (0,2 мкг/мл) > *Kl. pneumoniae* 71, *Pr. vulgaris* ATCC 6380 (0,5 мкг/мл). Бактерицидная активность изучаемых препаратов была значительно ниже (в 2–20 раз) для полевых изолятов референтных штаммов *Klebsiella pneumoniae* (2,0 мкг/мл) > *S. enteritidis* (1,25 мкг/мл) > *Pr. vulgaris* (1,0 мкг/мл) > *St. aureus* (1,0 мкг/мл) > *Str. disgalactiae* (0,1 мкг/мл) > *St. epidermidis* (0,1 мкг/мл) > *Str. agalactiae* (0,05 мкг/мл) > *E. coli* (0,05 мкг/мл), что можно объяснить длительным контактом в организме животного с антибактериальными веществами.

EVALUATION OF THE BACTERICIDAL ACTIVITY OF A LABORATORY SAMPLE OF ARGOCIDE

¹V.O. Cherdakova, ¹V.S. Bryadnov, ^{1,2}N.N. Shkil, ^{1,3}A.N. Shvydkov, ³V.S. Golubev

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS (SFSC RAS), Novosibirsk, Russia

³Limited liability company production association “Sibbiopharm” LLC PA “Sibbiopharm”, Novosibirsk, Russia

E-mail: vloshhinina@list.ru

Keywords: Argovite, Biosib Acid, silver nanoparticles, enzymes, microorganisms, bactericidal activity.

Abstract. A laboratory sample of the drug Argocide has been developed, which includes the drug Argovit (LLC NPTS Vector-Vita, Novosibirsk, Russia) containing silver nanoparticles and an enzyme preparation for the preservation of feed Biosib Acid (NPO Sibbiopharm, Berdsk, Russia). Strains of microorganisms and their isolates were used for the study – *St. aureus* ATCC 25953, *St. epidermidis* ATCC 14990, *Str. agalactiae* ATCC12386, *Str. disgalactiae* ATCC27957, *Str. pyogenes* ATCC 19615, *S. enteritidis* ATCC 13076, *Pr. vulgaris* ATCC 6380, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *E. Coli* ATCC 25922. The sensitivity of microorganisms to antibacterial substances and

their combinations was determined by the method of sequential serial dilutions in BCH. The studied drugs were an aqueous 10.0% dilution of Argovit, a 10.0% aqueous solution of Biosib Acid and a 10% laboratory sample of Argocide, consisting of 10.0% Argovit and 10.0% Biosib Acid in equal amounts. An assessment of the bactericidal activity of Argovit, Biosib Acid and a laboratory sample of Argocide allowed us to build a series of decreasing antimicrobial activity, to establish where the highest indicators were noted in *Str. disgalactiae* ATCC27957 (0.01 mcg/ml) *St. aureus* ATCC 25953, *Str. agalactiae* ATCC 12386, *E. coli* ATCC 25922 (0.05 mcg/ml) *St. epidermidis* ATCC 14990 (0.1 mcg/ml) *S. enteritidis* ATCC 13076 (0.2 mcg/ml) *Kl. pneumoniae* 71, *Pr. vulgaris* ATCC 6380 (0.5 mcg/ml). The bactericidal activity of the studied drugs was significantly lower (by 2-20 times) for field isolates of the reference strains *Klebsiella pneumoniae* (2.0 mcg/ml) *S. enteritidis* (1.25 mcg/ml) *Pr. vulgaris* (1.0 mcg/ml) *St. aureus* (1.0 mcg/ml) *Str. disgalactiae* (0.1 mcg/ml) *St. epidermidis* (0.1 mcg/ml) *Str. agalactiae* (0.05 mcg/ml) *E. coli* (0.05 mcg/ml), which can be explained by prolonged contact with antibacterial substances in the animal's body.

Промышленное развитие животноводства во всем мире привело к концентрации большого количества животных на ограниченных площадях животноводческих помещений, что коренным образом изменило их микроклимат и, как следствие, количество и биологические свойства микроорганизмов. Кроме того, бесконтрольное применение антибактериальных средств вызвало стихийный рост антибиотикорезистентности и снижение эффективности химиотерапии. В связи с этим отмечается рост интереса к новым антибактериальным препаратам. Развитие нанотехнологий позволило создавать из ранее известных веществ препараты с новыми свойствами, которые значительно обеспечивают их эффективность [1].

Бактерицидные свойства серебра (колларгол, протаргол, альбucid) широко известны, однако их состав нестабилен, что ограничивает их промышленное производство. Кроме того, они обладают остаточной токсичностью, что снижает их спектр применения. Наночастицы серебра (AgNPs) препарата Арговит обладают низкой токсичностью (в 4–8 раз ниже, чем у колларгола, протаргола и альбцида), стабильностью состава и их бактерицидных свойств, что обеспечило его широкое применение ветеринарии и медицине [2]. Создание нового антибактериального препарата требует значительных финансовых затрат (от 600 до 800 млн дол.) и времени на изучение и сертификацию (от 10 до 18 лет), что затрудняет вывод на рынок новых лекарственных веществ [3]. Многочисленные исследования направлены на увеличение бактерицидной активности ранее известных препаратов в том числе и AgNPs. Сочетанное применение AgNPs и хитозана, альбумина, сыворотки крови, антибиотиков, дезинфектантов, ферментов, оксидов металлов, наночастиц золота, платины, цинка, титана, селена, кобальта, меди и др. показали свою эффективность [4–9]. В связи с этим возникает необходимость создания новых антибактериальных лекарственных веществ на

основе комбинаций ранее известных препаратов. Основными требованиями должны быть высокая эффективность, отсутствие токсичности, цена, в связи с введенными экономическими санкциями дополнительным условием должно быть наличие производственных мощностей на территории РФ. Препараты, содержащие ферменты и органические кислоты микроорганизмов широко применяются для консервации кормов (силоса и сенажа) для крупного рогатого скота, что делает их доступными в практике и позволяет рассматривать их как возможных компоненты для комбинированного использования [10]. Наночастицы серебра препарата Арговит получили широкое применение и изучались при болезнях человека и животных [11].

Цель исследований – изучить бактерицидные характеристики комбинированного лабораторного образца препарата Аргоцид в сравнении с его компонентами (Арговит и Бисиб Ацид) на микроорганизмах, вызывающих инфекционные патологии у животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использовали штаммы микроорганизмов и их изоляты, полученные при лечении желудочно-кишечных и инфекционных болезней телят – *St. aureus* ATCC 25953, *St. epidermidis* ATCC 14990, *Str. agalactiae* ATCC12386, *Str. disgalactiae* ATCC27957, *Str. pyogenes* ATCC 19615, *S. enteritidis* ATCC 13076, *Pr. vulgaris* ATCC 6380, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *E. coli* ATCC 25922 из коллекции культур микроорганизмов ИЭВСиДВ СФНЦА РАН. Культуры бактерий культивировали в МПБ с исследуемым препаратом в течение 24 ч при температуре $36,5 \pm 0,5$ °C. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным веществам и их сочетаниям проводили методом последовательных серийных разведений в МПБ путем внесения

0,2 мл $1,5 \cdot 10^6$ КОЕ/мл референтного штамма или изолята, с последующим инкубированием в течение 24 ч при температуре $36,5 \pm 0,5$ °С. В качестве изучаемых средств использовали водное 10,0%-е разведение препарата Арговит, 10,0%-й водный раствор препарата Биосиб Ацид и 10%-й лабораторный образец препарата Аргоцид, состоящий из 10,0%-го препарата Арговит и 10,0%-го препарата Биосиб Ацид в равном количестве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Арговит (Argovit) разработан ООО НПЦ «Вектор-Вита», Россия, г. Новосибирск, выпускается в виде концентрированного 20 %-го водного раствора. По внешнему виду концентрированный

раствор – жидкость темно-коричневого цвета с зеленовато-сероватым оттенком, разбавленные растворы жидкости коричневого цвета различной интенсивности в зависимости от разбавления. Содержание кластерного серебра в концентрированном растворе – 1,2–1,4 % (12–14 мг/мл), поливинилпирролидона медицинского – 18,6–18,8 %, дистиллированная вода – остальное, до 100 %. Фармакологические свойства препарата Арговит: активен в отношении сальмонелл, шигелл, кишечной палочки, стафилококка и других патогенных бактерий, проявляет также вирулицидную и фунгицидную активность. Активность препарата обусловлена синергическим антимикробным действием ионов и кластеров AgNPs (5–20 нм) и поливинилпирролидона, обладающего антитоксическими свойствами (рис. 1).

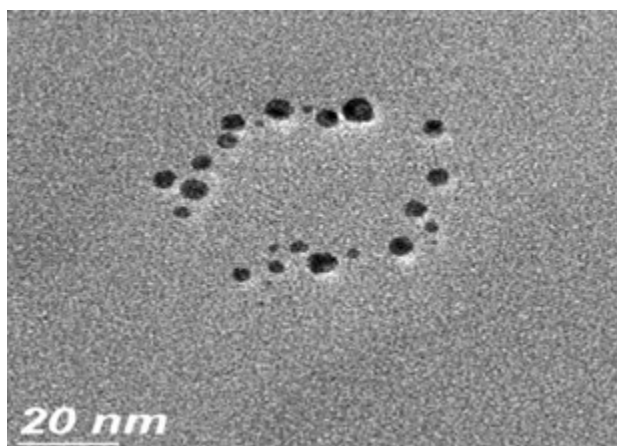


Рис. 1. Наночастицы серебра препарата Арговит
Silver nanoparticles of the drug Argovit

Показан для профилактики и лечения желудочно-кишечных болезней у молодняка животных, маститах, эндометритах. В рекомендуемых дозах лекарственное средство не вызывает побочного действия. Противопоказаний, побочных явлений и осложнений не выявлено. Препарат совместим с другими лекарственными средства-

ми, усиливает действие антибиотиков. Продукцию от животных, которым применяли Арговит, используют без ограничений [12]. Проводимые исследования направлены на расширение области применения препарата Арговит при патологиях, вызываемых условно-патогенной микрофлорой (рис. 2).



Рис. 2. Препарат Арговит
The drug Argovit

Комплексный биохимический консервант Биосиб Ацид (НПО «Сиббиофарм», г. Бердск, Россия) представляет собой препарат на основе метаболитов молочнокислых и пропионовокис-

лых бактерий, в том числе органических кислот, для силосования, сенажирования и консервирования плющеного фуражного зерна высокой влажности (рис. 3).



Рис. 3. Препарат Биосиб Ацид
Biosib Acid

В составе препарата в качестве действующих веществ содержатся продукты метаболизма молочнокислых и пропионовокислых бактерий (молочная, пропионовая, уксусная кислоты -50 %), лимонная кислота (10 %); вспомогательные компоненты, в том числе NaNO_3 (20 %) и растворитель – вода (до 100 %).

Благодаря наличию высокого уровня органических кислот pH в силосуемой массе быстро снижается до оптимального уровня, создавая антагонистические условия для жизнедеятельности условно-патогенных и патогенных бактерий, при этом создавая оптимальные условия для развития молочнокислых бактерий, присутствующих на растительной массе. Наличие пропионовой кислоты обеспечивает лизис спор грибов [13].

Наночастицы серебра обладают выраженными антибактериальными, противовирусными, антифунгицидными свойствами, что обуславливает широту их применения против большого количества патогенных микроорганизмов, вызывающих инфекционные патологии животных, и позволяет отнести их действие к этиотропной терапии [14]. Такой препарат может обладать высокими

терапевтическими характеристиками при лечении желудочно-кишечных болезней животных.

Проведение оценки бактерицидной активности препаратов Арговит, Биосиб Ацид и лабораторного образца препарата Аргоцид позволило построить ряд убывающей антимикробной активности и установить, что наибольший показатель отмечен у *Str. disgalactiae* ATCC27957 (0,01 мкг/мл) > *St. aureus* ATCC 25953, *Str. agalactiae* ATCC 12386, *E. coli* ATCC 25922 (0,05 мкг/мл) > *St. epidermidis* ATCC 14990 (0,1 мкг/мл) > *S. enteritidis* ATCC 13076 (0,2 мкг/мл) > *Kl. pneumoniae* 71, *Pr. vulgaris* ATCC 6380 (0,5 мкг/мл).

Бактерицидная активность изучаемых препаратов была значительно ниже (в 2–20 раз) для полевых изолятов референтных штаммов *Kl. pneumoniae* (2,0 мкг/мл) > *S. enteritidis* (1,25 мкг/мл) > *Pr. vulgaris* (1,0 мкг/мл) > *St. aureus* (1,0 мкг/мл) > *Str. disgalactiae* (0,1 мкг/мл) > *St. epidermidis* (0,1 мкг/мл) > *Str. agalactiae* (0,05 мкг/мл) > *E. coli* (0,05 мкг/мл), что можно объяснить длительным контактом в организме животного с антибактериальными веществами (таблица).

Оценка бактерицидной активности препаратов Evaluation of the bactericidal activity of drugs

Препарат	Бактерицидная концентрация, мкг/мл			
	<i>S. enteritidis</i> ATCC 13076		<i>S. enteritidis</i>	
1	2	3	4	5
Арговит	0,4	–	2,0	–

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Биосиб Ацид	—	5,0	—	40,0
Аргоцид	0,2	2,5	1,25	50
	<i>St. aureus</i> ATCC 25953		<i>St. aureus</i>	
Арговит	1,0		2,0	
Биосиб Ацид		12,5		25,0
Аргоцид	0,05	0,1	1,0	12,5
	<i>St. epidermidis</i> ATCC 14990		<i>St. epidermidis</i>	
Арговит	0,2		0,5	
Биосиб Ацид		2,5		8,0
Аргоцид	0,1	1,25	0,1	0,2
	<i>Str. disgalactiae</i> ATCC27957		<i>Str. disgalactiae</i>	
Арговит	0,1		0,5	
Биосиб Ацид		12,5		25,0
Аргоцид	0,01	1,25	0,1	5,0
	<i>Str. agalactiae</i> ATCC12386		<i>Str. agalactiae</i>	
Арговит	0,1		0,2	
Биосиб Ацид		10,0		10,0
Аргоцид	0,05	0,1	0,05	0,1
	<i>Pr. vulgaris</i> ATCC 6380		<i>Pr. vulgaris</i>	
Арговит	2,0		5,0	
Биосиб Ацид		50,0		100,0
Аргоцид	0,5	10,0	1,0	20,0
	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853		<i>P. aeruginosa</i>	
Арговит	1,0		5,0	
Биосиб Ацид		20,0		20,0
Аргоцид	0,1	1,25	0,5	6,25
	<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. coli</i>	
Арговит	1,0		0,2	
Биосиб Ацид		10,0		10,0
Аргоцид	0,05	0,1	0,05	0,1
	<i>Klebsiella pneumoniae</i> 71		<i>Klebsiella pneumoniae</i>	
Арговит	0,5		1,0	
Биосиб Ацид		50,0		100,0
Аргоцид	0,5	10,0	2,0	10,0

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали, что лабораторный образец препарата Аргоцид при изучении бактерицидной активности обладал высокой антибактериальной активностью (0,01–0,5 мкг/мл) по сравнению с моноприме-

нением препарата Арговит (0,1–1,0 мкг/мл) и Биосиб Ацид (2,5–50 мкг/мл).

2. Отмечено, что бактерицидная активность в отношении музейных штаммов была выше, чем у изолированных штаммов, что видимо, вызвано длительным контактом с лекарственными антибактериальными веществами и контактом иммунной системы макроорганизма.

3. Проведенные исследования дают основания для клинических исследований при инфекционных патологиях, вызываемых условно-патогенной микрофлорой у животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чувствительность-устойчивость* бактерий к антибиотикам и дезинфектантам / Н.М. Колычев, В.Н. Аржаков, П.В. Аржаков [и др.]: монография. – Омск, 2013. – 289 с.
2. *Бурмистров В.А., Бурмистров А.В.* Биосеребро – здоровью добро! – Новосибирск, 2014. – 140 с.
3. *Козлов Р.С., Голуб А.В.* Остановить темпы роста антибиотикорезистентности микроорганизмов сегодня – дать шанс на выживание человечества завтра // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 310–315.
4. *Yuan Y.G., Peng Q.L., Gurunathan S.* Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy // *Int. J. Mol. Sci.* – 2017. – N 18(3). – P. 569. – DOI: 10.3390/ijms18030569.
5. *In vitro* assessment of the antimicrobial activity of silver and zinc oxide nanoparticles against fish pathogens / I.S.Mohamed, Magdy Mohamed El-Mahdy, Sarah Theiner, Mansour El-Matbouli // *Acta vet scand.* – 2017. – N 59(1). – P. 49. – DOI: 10.1186/s13028-017-0317-9.
6. *Size and shape-dependent antimicrobial activities of silver and gold nanoparticles: a model study as potential fungicides* / F.J. Osonga, A. Akgul, I. Yazgan [et al.] // *Molecules*. – 2020. – N 25 (11). – P. 2682. – DOI: 10.3390/molecules25112682.
7. *Fungicidal and anti-biofilm activities of trimethylchitosan-stabilized silver nanoparticles against Candida species in zebrafish embryos* / S.H. Wang, C.C. Chen, C.H. Lee, X.A. Chen // *Int j biol macromol.* – 2020. – N 143. – P. 724–731. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.002.
8. *Evaluation of dose dependent antimicrobial activity of self-assembled chitosan, nano silver and chitosan-nano silver composite against several pathogens* / F.K. Tareq, M. Fayzunnesa, M.S. Kabir, M. Nuzat // *Microb. Pathog.* – 2018. – N 114. – P. 333–339. – DOI: 10.1016/j.micpath.2017.12.010.
9. *Mohammed A.N.* Resistance of bacterial pathogens to calcium hypochlorite disinfectant and evaluation of the usability of treated filter paper impregnated with nanosilver composite for drinking water purification // *J Glob Antimicrob Resist.* – 2019. – Vol. 16. – P. 28–35. – DOI: 10.1016/j.jgar.2018.09.002.
10. *Технология переработки зернового крахмалосодержащего сырья на кормовые сахара и их использование в животноводстве* / К.Я. Мотовилов, В.В. Аксенов, В.Г. Ермохин [и др.]: метод. рекоменд. Россельхозакадемия СО РАН. – Новосибирск, 2012. – 48 с.
11. *Антимикробные свойства, фармакотоксикологические характеристики и терапевтическая эффективность препарата Арговит при желудочно-кишечных болезнях телят* / Н.Н. Шкиль, Н.А. Шкиль, В.А. Бурмистров, М.Ю. Соколов // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2011. – № 68. – С. 527–537.
12. *Инструкция по применению препарата Арговит с лечебной и лечебно-профилактической целью при желудочно-кишечных болезнях телят* [Электронный ресурс]. – URL: <http://xn--80aescv2aks.xn--p1ai/instruction.html> (дата обращения: 15.08.2024).
13. *Каталог биоконсерванты* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sibbio.ru/catalog/biokonservanty/biosibatsid/> (дата обращения: 15.08.2024).
14. *Шкиль Н.Н.* Экспериментальное и практическое обоснование применения препаратов, содержащих наночастицы серебра и висмута при гастроэнтеритах телят: дис. ... д-ра вет. наук. – Новосибирск, 2019. – 340 с.

REFERENCES

1. *Kolychev N.M., Arzhakov V.N., Arzhakov P.V., Gordienko L.N., Shkil' N.A., Shkil' N.N., Nikolaenko N.N., Chuvstvitel'nost'-ustoichivost' bakterii k antibiotikam i dezinfektantam* (Sensitivity-resistance of bacteria to antibiotics and disinfectants), Omsk, 2013, 289 p.
2. *Burmistrov V.A., Burmistrov A.V., Bioserebro – zdorov'yu dobro!* (Biosilver is good for your health!), Novosibirsk, 2014, 140 p.
3. *Kozlov R.S., Golub A.V., Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya*, 2019, T. 21, No. 4, pp. 310–315. (In Russ.)
4. *Yuan Y.G., Peng Q.L., Gurunathan S., Effects of silver nanoparticles on multiple drug-resistant strains of Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa from mastitis-infected goats: an alternative approach for antimicrobial therapy, Int. J. Mol. Sci.*, 2017, No. 18(3), pp. 569, DOI:10.3390/ijms18030569.

5. Mohamed I.S., El-Mahdy M.M., Theiner S., El-Matbouli M., In vitro assessment of the antimicrobial activity of silver and zinc oxide nanoparticles against fish pathogens, *Acta vet scand*, 2017, No. 59(1), pp. 49, DOI: 10.1186/s13028-017-0317-9.
6. Osonga F.J., Akgul A., Yazgan I. [et al.], Size and shape-dependent antimicrobial activities of silver and gold nanoparticles: a model study as potential fungicides, *Molecules*, 2020, No. 25(11), pp. 2682, DOI: 10.3390/molecules25112682.
7. Wang S.H., Chen C.C., Lee C.H., Chen X.A., Fungicidal and anti-biofilm activities of trimethylchitosan-stabilized silver nanoparticles against *Candida* species in zebrafish embryos, *Int j biol macromol.*, 2020, No. 143, pp. 724–731, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.002.
8. Tareq F.K., Fayzunnisa M., Kabir M.S., Nuzat M., Evaluation of dose dependent antimicrobial activity of self-assembled chitosan, nano silver and chitosan-nano silver composite against several pathogens, *Microb. Pathog.*, 2018, No. 114, pp. 333–339, DOI: 10.1016/j.micpath.2017.12.010.
9. Mohammed A.N., Resistance of bacterial pathogens to calcium hypochlorite disinfectant and evaluation of the usability of treated filter paper impregnated with nanosilver composite for drinking water purification, *J Glob Antimicrob Resist.*, 2019, Vol. 16, pp. 28–35, DOI: 10.1016/j.jgar.2018.09.002.
10. Motovilov K.YA., Aksenov V.V., Ermokhin V.G. [i dr.], *Tekhnologiya pererabotki zernovogo krakhamalosoderzhashchego syr'ya na kormovye sakhara i ikh ispol'zovanie v zhivotnovodstve* (Technology of processing grain starch-containing raw materials into feed sugars and their use in animal husbandry), Rossel'khoakademiya SO RAN, Novosibirsk, 2012., 48 p.
11. Shkil' N.N., Shkil' N.A., Burmistrov V.A., Sokolov M.YU., *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, No. 68, pp. 527–537. (In Russ.)
12. *Instruktsiya po primeneniyu preparata Argovit s lechebnoi i lechebno-profilakticheskoi tsel'yu pri zheludochno-kishechnykh boleznyakh telyat* [Ehlektronnyi resurs], URL: <http://xn--80aecn2aks.xn--p1ai/instruction.html> (data obrashcheniya: 15.08.2024). (In Russ.)
13. *Katalog biokonservanty* [Ehlektronnyi resurs], URL: <https://www.sibbio.ru/catalog/biokonservanty/biosib-atsid/> (data obrashcheniya: 15.08.2024). (In Russ.)
14. Shkil' N.N., *Ehksperimental'noe i prakticheskoe obosnovanie primeneniya preparatov, sodержashchikh nanochastitsy srebra i vismuta pri gastroehnteritakh telyat* (Experimental and practical justification for the use of drugs containing silver and bismuth nanoparticles in gastroenteritis in calves), dissertation of doctor science, Novosibirsk, 2019, 340 p.

Информация об авторах:

В.О. Чердакова, аспирант

В.С. Бряднов, аспирант

Н.Н. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор

А.Н. Швыдков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.С. Голубев, руководитель направления КРС ООО ПО «Сиббиофарм»

Contribution of the authors:

V.O. Cherdakova, graduate student

V.S. Bryadnov, graduate student

N.N. Shkil, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

A.N. Shvydkov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

V.S. Golubev, head of workover department LLC PA “Sibbiopharm”, Russia

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ ХЕЛАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ¹Н.А. Шкиль, ²М.В. Лазарева¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Для цитирования: Шкиль Н.А., Лазарева М.В. Биохимические показатели крови свиней при использовании в рационах хелатных соединений микроэлементов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 243–250. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-243-250.

Ключевые слова: свинья, Биоферрон, Биоцинк, биохимический анализ крови, микроэлементы, хелаты.

Реферат. Показан анализ биохимических показателей крови свиней при использовании хелатных соединений микроэлементов. Повышение уровня белка отмечали в группах с дачей препарата Биоферрон в разных дозах, в 1-й опытной группе (Биоферрон 0,1 мл/кг) увеличение относительно контроля было на 7,87 %, во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 12,92 % ($p \leq 0,001$), в 3-й опытной (Биоферрон 0,3 мл/кг) – на 11,21 % ($p \leq 0,01$). В группах поросят, получавших препарат Биоцинк, также выявили тенденцию к увеличению уровня белка относительно контроля. Наибольший уровень отмечали во 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) и в 6-й опытной (Биоцинк 0,3 мл/кг) группах, он превышал контрольные значения на 10,49 и 10,71 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Наибольшее значение креатинина отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $92,31 \pm 5,36$ и $92,75 \pm 5,21$ мкмоль/л, что больше контроля на 58,77 и 59,53 %. Наибольший уровень АСТ отмечен у свиней опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 мл/кг и в дозе 0,3 мл/кг, он составил $39,59 \pm 2,47$ и $38,44 \pm 3,85$ ед/л соответственно, что больше контроля на 40,19 и 36,12 %. Наибольший уровень АЛТ отмечен у поросят опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $33,92 \pm 2,30$ и $32,51 \pm 2,08$ ед/л соответственно, что больше контроля на 50,89 и 44,62 % ($p \leq 0,01$). Наибольший уровень кальция с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг), и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ и $2,63 \pm 0,17$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 48,90, 48,35 и 44,51 %. при $p \leq 0,01$. Наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ и $1,82 \pm 0,04$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %. Так, при даче Биоферрона в дозе 0,2 мл/кг уровень железа повысился на 43,52 %, при даче Биоферрона в дозе 0,3 мл/кг уровень железа повысился на 46,72 % ($p \leq 0,01$). При даче Биоцинка в дозе 0,2 мл/кг уровень цинка повысился на 62,60 %, при даче Биоцинка в дозе 0,3 мл/кг уровень цинка повысился на 72,42 % ($p \leq 0,001$). Включение в рацион препарата Биоферрон в разных дозах также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена.

BIOCHEMICAL PARAMETERS OF PIG BLOOD WHEN USING MICROELEMENT CHELATE COMPOUNDS IN DIETS¹N.A. Shkil, ²M.V. Lazareva¹Sibirsky Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: Lazareva7@mail.ru

Keywords: pig, Bioferron, Biocink, blood chemistry, trace elements, chelates.

Abstract. Analysis of biochemical parameters of swine blood using chelate compounds of trace elements is shown. An increase in protein level was noted in the groups with dosing of Bioferron in different doses, in the 1st experimental group (Bioferron 0,1 ml/kg) an increase relative to the control was 7,87 %, in the 2nd experimental group (Bioferron 0,2 ml/kg) – by 12,92 % ($p \leq 0,001$), in the 3rd experimental group (Bioferron 0,3 ml/kg) – by 11,21 % ($p \leq 0,01$). Groups of pigs treated with Biocink also showed a tendency to increase protein levels relative to and in the 6th experimental (Biocink 0,3 ml/kg) groups, it exceeded the control values by 10,49 and 10,71 % ($p \leq 0,05$), respectively. The highest creatinine value was noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg) and 3rd (Bioferron 0,3

mL/kg) experimental groups, it was $92,31 \pm 5,36$ and $92,75 \pm 5,21$ $\mu\text{mol/L}$, which is 58,77 and 59,53 % more control. The highest AST level was observed in pigs of experimental groups, which were given Bioferron preparations at a dose of 0,2 mL/kg and at a dose of 0,3 mL/kg, it was $39,59 \pm 2,47$ and $38,44 \pm 3,85$ U/L, respectively, which is 40,19 and 36,12 % more control. The highest ALT level was observed in piglets of experimental groups, which were given Bioferron preparations at a dose of 0,2 and 0,3 mL/kg, it was $33,92 \pm 2,30$ and $32,51 \pm 2,08$ U/L, respectively, which is 50,89 and 44,62 % more control ($p \leq 0,01$). The largest level of calcium with reliability 0,05 noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg), the 3rd (Bioferron of 0,3 mL/kg), and the 6th (Biocink of 0,3 mL/kg) skilled groups, it made $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ and $2,63 \pm 0,17$ $\mu\text{mol/l}$ respectively that 48,90, 48,35 control more and 44,51%. at $p \leq 0,01$. The highest phosphorus levels were noted in the 2nd (Bioferron 0,2 mL/kg), 3rd (Bioferron 0,3 mL/kg) and 6th (Biocink 0,3 mL/kg) experimental groups, it was $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ and $1,82 \pm 0,04$ $\mu\text{mol/L}$, respectively, which is 5,68, 5,11 and 3,41 % more control. So, when giving Bioferron at a dose of 0,2 mL/kg, the iron level increased by 43,52 %, while giving Bioferron at a dose of 0,3 mL/kg, the iron level increased by 46,72 % ($p \leq 0,01$). When Biocink was given at a dose of 0,2 mL/kg, the zinc level increased by 62,60 %, while when Biocink was given at a dose of 0,3 mL/kg, the zinc level increased by 72,42 % ($p \leq 0,001$). The inclusion of Bioferron in the diet at different doses also had a positive effect on the correction of mineral metabolism.

В настоящее время свиноводческие предприятия уделяют особое внимание кормлению и содержанию свиней. Полноценное кормление положительно влияет на продуктивные качества свиней. Одним из показателей продуктивности является интенсивность протекания обменных процессов в организме, определить которую можно, отслеживая биохимические показатели крови [1].

Биохимические показатели крови считаются одними из важнейших характеристик функционального состояния и потенциальных возможностей организма свиней. При этом они не передаются от родителей потомкам в неизменном виде, а формируются в процессе онтогенеза на базе взаимодействия наследственных особенностей и условий внешней среды [2]. Известно, что жизнедеятельность организма как единого целого во многом осуществляется за счет крови и ее составляющих. По данным литературы применение различных биопрепаратов приводит к тем или иным изменениям картины крови практически у всех видов животных [3–6].

В настоящее время отмечен особый интерес к микроэlementным препаратам, в которых жизненно необходимые микроэlementы находятся в составе хелатных соединений. Хелатные соединения обладают высокой биологической активностью, обеспечивают лучшую ассимиляцию металлов, что, в свою очередь, положительно влияет на резистентность, продуктивные и воспроизводительные функции всех сельскохозяйственных животных [7–9]. Е.Ю. Цис с соавт. (2018 г.) при использовании комплекса органических микроэlementов, содержащего хелаты железа, меди, марганца, цинка и селен в составе дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, для супоросных и подсосных свиноматок отмети-

ли увеличение многоплодия, крупноплодности, живой массы и количества поросят при отъеме, увеличение молочности, сохранности, улучшение биохимических, иммунологических показателей крови [10]. Gang Zhang с соавт. (2022 г.) выявили, что хелатированный цинк является альтернативой высокодозному оксиду цинка для снятия стресса отлучения поросят, поскольку он благоприятно влияет на показатели роста и здоровье кишечника поросят-отъемышей, а также способствует снижению частоты диареи и загрязнения окружающей среды фекальными выделениями цинка [11].

Цель работы – проанализировать биохимические показатели крови свиней при использовании хелатных соединений микроэlementов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательские работы проводились на базе фермерского хозяйства Новосибирской области. В опыте участвовали свиньи возраста 60–90 сут, алтайской мясной породы мясного направления. Для исследований были сформированы 7 групп поросят (одна контрольная и шесть опытных) по 12 голов в каждой. Животных отбирали по принципу аналогов с учетом массы тела, клинического состояния. Поросят всех групп содержали в равных условиях, на рационе, отвечающем их физиологическим потребностям. Животным контрольной группы скармливали только основной рацион (ОР). Поросята 1-й опытной группы помимо рациона, применяемого в хозяйстве, получали препарат Биоферрон в дозе 0,1 мл/кг ежедневно в периоды с 4-дневного до 25-дневного возраста и с 65- по 86-дневный возраст, 2-й опытной группы – Биоферрон 0,2 мл/кг, 3-й опытной группы – Биоферрон 0,3 мл/кг

в те же периоды. Поросята 4-й опытной группы получали Биоцинк в дозе 0,1 мл/кг, 5-й опытной группы – Биоцинк 0,2 г/кг, 6-й опытной группы – Биоцинк 0,3 мл/кг массы тела в те же периоды. Биохимическое исследование крови проводили на 60-й день экспериментального периода и на 90-й день. Кровь для биохимических исследований у животных опытных и контрольной групп отбирали утром до кормления. Исследование проводилось на базе лаборатории СФНЦА РАН.

Препараты Биоферрон и Биоцинк представляют собой водный раствор биологически активных веществ, в состав которых входят органические железо и цинк в форме хелатов и карбоксилатов (1 000 мг/л), являющихся естественным биосовместимым стимулятором гемопоэза.

Изучение биохимических показателей в сыворотке крови проводилось с помощью биохимического анализатора открытого типа iMagic-V7 (версия для ветеринарии), производитель Shenzhen iCubio Biomedical Technology Co., Ltd, Китайская Народная Республика. Использовался стандартный набор реагентов. Были определены биохимические показатели, такие как белок общий, мочевины, АСТ, АЛТ, билирубин общий и креатинин. Также определяли количество содержания макро- и микроэлементов в крови животных: кальций, фосфор, железо, цинк, магний.

Для оценки значимости различий между группами использовали *t*-критерий Стьюдента для непарных выборок. Также использовался метод вариационной статистики: вычисление средней арифметической *M* и ее ошибки *m*. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимали равным 0,05. Биоинформационный анализ полученных данных проводили при помощи программных пакетов Excel MS Office 2016 и Past 4.03.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании показателей белкового обмена в сыворотке крови поросят было выяснено, что содержание общего белка у всех подопытных животных было в пределах физиологических норм (65,0–85,0 г/л). Однако наиболее низкий уровень общего белка наблюдался у поросят контрольной группы, что может быть связано с иммунодефицитным состоянием и снижением белковообразовательной функции печени.

Уровень общего белка в группах, в рацион которых были включены препараты Биоферрон и

Биоцинк, был выше, чем у поросят контрольной группы (таблица). Так, наибольший уровень белка в сыворотке крови свиней 60-дневного возраста отмечали при даче препарата Биоферрон в дозах 0,2 и 0,3 мл/кг, что превышало данное значение контрольной группы на 11,39 и 9,46 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Среди групп, получавших Биоцинк, наибольший уровень был в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг), который превышал контроль на 8,75 % ($p \leq 0,05$). У 90-дневных поросят содержание общего белка в сыворотке крови повышается, что закономерно в процессе роста свиней. Достоверное повышение уровня белка отмечали в группах с дачей препарата Биоферрон в разных дозах, в 1-й опытной группе (Биоферрон 0,1 мл/кг) увеличение относительно контроля было на 7,87 %, во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) – на 12,92 % ($p \leq 0,001$), в 3-й опытной (Биоферрон 0,3 мл/кг) – на 11,21 % ($p \leq 0,01$). В группах поросят, получавших препарат Биоцинк, также выявили тенденцию к увеличению уровня белка относительно контроля. Наибольший уровень отмечали в 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) и в 6-й опытной (Биоцинк 0,3 мл/кг) группах, он превышал контрольные значения на 10,49 и 10,71 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Креатинин является конечным продуктом распада креатина, который играет важную роль в энергетическом обмене мышечной и других тканей. При этом у животных с более развитой мышечной тканью, как правило, данный показатель выше. У подопытных животных по сравнению с контролем уровень креатинина в крови увеличился. У 60-дневных поросят, получавших препарат Биоферрон, наибольшее значение креатинина с достоверностью $p \leq 0,001$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $92,31 \pm 5,36$ и $92,75 \pm 5,21$ мкмоль/л, что больше контроля на 58,77 и 59,53 %. У 90-дневных поросят наибольшее значение отмечали в тех же группах, оно составило $108,2 \pm 4,92$ и $107,2 \pm 5,12$ мкмоль/л, что больше контроля на 73,95 и 72,35 % ($p \leq 0,001$). Можно отметить, что с возрастом количество креатинина, обнаруженного в крови, увеличивается. Увеличение его в крови свиней опытных групп относительно контроля свидетельствует о положительном влиянии хелатных соединений биоэлементов на белоксинтезирующую функцию печени и о нормализации клубочковой инфильтрации почек.

Интенсивность белкового обмена в организме характеризует концентрация в сыворотке крови мочевины – конечного продукта белкового метаболизма.

Биохимические показатели крови свиней
Biochemical parameters of pig blood

Показатель	Возраст, сут	Группа						
		Контрольная (ОР)	1-я опытная (ОР + Биоферрон 0,1 мл/кг)	2-я опытная (ОР + Биоферрон 0,2 мл/кг)	3-я опытная (ОР + Биоферрон 0,3 мл/кг)	4-я опытная (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг)	5-я опытная (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг)	6-я опытная (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг)
Белок, г/л	60	63,92±0,57	67,77±1,43*	71,20±1,96*	69,97±1,95*	67,17±1,62	69,51±1,85*	69,39±1,77*
	90	64,77±0,82	69,87±1,78	73,14±0,82***	72,03±1,42**	69,73±1,93	71,57±1,31*	71,71±1,96*
Креатинин, мк-моль/л	60	58,14±1,39	89,14±6,38***	92,31±5,36***	92,75±5,21***	84,66±5,15***	85,39±5,23***	85,95±6,13***
	90	62,20±1,13	104,6±6,27***	108,2±4,92***	107,2±5,12***	101,0±5,73***	102,1±5,03***	102,9±5,08***
Мочевина, мк-моль/л	60	4,45±0,17	3,91±0,13*	3,86±0,14*	3,90±0,17*	3,97±0,18	3,95±0,16*	3,95±0,17*
	90	4,12±0,14	3,82±0,14	3,64±0,13*	3,73±0,12*	3,90±0,15	3,84±0,16	3,82±0,16
АСТ, ед/л	60	24,03±1,07	24,84±1,85	29,12±2,02*	28,94±2,25	25,20±1,98	25,82±1,27	25,23±2,02
	90	28,24±2,91	34,09±3,26	39,59±2,47*	38,44±3,85	31,95±3,63	37,13±3,14	36,07±3,17
АЛТ, ед/л	60	17,81±0,96	19,29±1,53	20,42±1,02	19,96±1,22	18,46±1,03	18,89±1,24	18,89±1,34
	90	22,48±1,40	31,80±2,17**	33,92±2,30**	32,51±2,08**	28,17±1,70*	30,67±2,11**	29,39±2,31*
Билирубин, мк-моль/л	60	4,05±0,21	3,17±0,34	2,92±0,48*	3,01±0,43*	3,33±0,28	3,23±0,32	3,20±0,39
	90	3,91±0,24	2,95±0,30	2,77±0,35*	2,82±0,44*	2,99±0,36	2,84±0,28*	2,97±0,31*
Кальций, ммоль/л	60	1,82±0,16	2,56±0,16**	2,71±0,16**	2,70±0,17**	2,50±0,16*	2,59±0,13**	2,63±0,17**
	90	1,91±0,15	2,69±0,18**	2,75±0,19**	2,74±0,13**	2,63±0,14**	2,72±0,18**	2,71±0,19**
Фосфор, ммоль/л	60	1,64±0,97	1,71±0,08	1,75±0,03	1,74±0,05	1,70±0,06	1,71±0,05	1,71±0,05
	90	1,76±0,04	1,81±0,04	1,86±0,03	1,85±0,03	1,80±0,03	1,80±0,04	1,82±0,04
Железо, мкг/л	60	13,74±0,70	18,30±1,61*	19,72±1,37**	20,16±1,78**	15,50±0,85	15,88±0,75*	16,21±0,72*
	90	14,90±0,80	28,83±0,92***	29,43±1,26***	31,61±0,97***	23,80±2,23**	26,48±2,08***	26,95±1,86***
Цинк, мкмоль/л	60	28,72±1,25	37,48±1,81***	41,05±2,78***	39,46±1,54***	42,43±2,86***	46,70±2,38***	49,52±2,40***
	90	30,41±1,42	40,09±1,93**	42,00±1,56***	45,05±1,14***	52,60±1,50***	53,94±1,25***	54,15±1,27***
Магний, ммоль/л	60	1,40±0,06	1,34±0,06	1,40±0,06	1,40±0,05	1,30±0,06	1,51±0,05	1,41±0,05
	90	1,41±0,04	1,42±0,05	1,43±0,05	1,44±0,05	1,39±0,05	1,43±0,06	1,43±0,05

Примечание. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ относительно контрольной группы.

Уровень мочевины у свиней был стабильным на протяжении всего периода исследования и соответствовал норме. У 60-дневных поросят наименьшее значение данного показателя с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $3,86 \pm 0,14$ и $3,90 \pm 0,17$ мкмоль/л, что меньше контроля на 13,26 и 12,36 %. У 90-дневных поросят наименьшее значение отмечали в тех же группах, оно составило $3,64 \pm 0,13$ и $3,73 \pm 0,12$ мкмоль/л, что меньше контроля на 11,65 и 9,47 % ($p \leq 0,05$). Таким образом, препараты Биоферрон и Биоцинк не нарушили равновесие данного показателя в организме свиней, все изменения происходили в пределах референсных значений.

При анализе активности фермента аспаратаминотрансферазы (АСТ) в сыворотке крови у свиней испытуемых групп выявили достоверные различия среди контрольной и опытных групп, при этом показатели находились в пределах референсных значений. Наблюдали тенденцию к повышению уровня данного показателя у опытных поросят. У 60-дневных поросят контрольной группы показатель АСТ составил $24,03 \pm 1,07$ ед/л. У свиней опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АСТ был выше контроля на 3,37, 21,18 ($p \leq 0,05$) и 20,43% соответственно. В крови свиней, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АСТ был выше контроля на 4,87, 7,45 и 4,99 % соответственно. В крови 90-дневных поросят показатель АСТ не претерпел существенных изменений. Наибольший уровень АСТ отмечен у свиней опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 мл/кг и в дозе 0,3 мл/кг, он составил $39,59 \pm 2,47$ и $38,44 \pm 3,85$ ед/л соответственно, что больше контроля на 40,19 и 36,12 %. Среди свиней опытных групп, получавших препарат Биоцинк, более высокий уровень отмечали в 5-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг), который превосходил контроль на 31,48 %.

Скармливание поросятам хелатных соединений микроэлементов приводило к достоверному увеличению активности аланинаминотрансферазы (АЛТ). У 60-дневных поросят контрольной группы показатель АЛТ составил $17,81 \pm 0,96$ ед/л. У поросят опытных групп, которым давали препарат Биоферрон в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень АЛТ был выше контроля на 8,31, 14,65 и 12,07 % соответственно. В крови поросят, которые получали Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг, уровень

АЛТ был выше контроля на 3,65, 6,06 и 6,06 % соответственно. В крови 90-дневных поросят показатель АЛТ также не претерпел существенных изменений. Наибольший уровень АЛТ отмечен у поросят опытных групп, которым давали препараты Биоферрон в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, он составил $33,92 \pm 2,30$ и $32,51 \pm 2,08$ ед/л соответственно, что больше контроля на 50,89 и 44,62 % ($p \leq 0,01$). Вероятнее всего, это связано с высоким уровнем метаболических процессов во внутренних органах животных, получающих препараты Биоферрон и Биоцинк, в частности, это указывает на их влияние на рост скелетной мускулатуры и увеличение функциональной нагрузки на печень.

Таким образом, у подопытных свиней, получавших хелатные соединения биоэлементов, возрастала активность АЛТ и АСТ. Повышение активности аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) в сыворотке крови животных опытных групп в пределах физиологической нормы является показателем наиболее интенсивного синтеза тканевого белка.

Содержание общего билирубина является важным маркером, показывающим функциональную зрелость печени у поросят в постнатальный период. У поросят в норме содержание общего билирубина должно составлять до 5 мкмоль/л. Содержание общего билирубина в контрольной и опытных группах животных в течение всего эксперимента оказалось в пределах референсных значений. В зависимости от возраста, данный показатель уменьшался в пределах физиологической нормы.

Включение препаратов Биоферрон и Биоцинк в рацион свиней оказало влияние на минеральный обмен. Уровень кальция и фосфора в сыворотке крови отражает обеспеченность ими организма животных. У свиней опытных групп содержание кальция в сыворотке крови было выше, чем в контрольной группе. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень кальция составил $1,82 \pm 0,16$ ммоль/л, у 90-дневных – $1,91 \pm 0,15$ ммоль/л. Учитывая референсные значения данного показателя у свиней в пределах 2,5–3,5 ммоль/л, отмечаем гипокальциемию. Содержание кальция в крови понижается при длительном дефиците его в рационе. Включение в рацион свиней хелатных соединений биоэлементов способствует нарастанию уровня кальция в крови за счет активизации всасывательной способности организма и хорошему усвоению питательных веществ. В опытных группах у 60-дневных поросят наибольший уровень кальция с достоверностью $p \leq 0,05$ отмечали во 2-й (Биоферрон

0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $2,71 \pm 0,16$, $2,70 \pm 0,17$ и $2,63 \pm 0,17$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 48,90, 48,35 и 44,51 % при $p \leq 0,01$. У 90-дневных поросят наибольшее значение отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах, оно составило $2,75 \pm 0,19$, $2,74 \pm 0,13$ и $2,72 \pm 0,18$ мкмоль/л, что больше контроля на 43,98, 43,46 и 42,41 % при $p \leq 0,01$.

Содержание фосфора находилось в пределах физиологической нормы. При этом у свиней опытных групп содержание фосфора в сыворотке крови было выше, чем в контрольной группе. У 60-дневных поросят наибольшее значение отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг), 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, оно составило $1,75 \pm 0,03$, $1,74 \pm 0,05$ и $1,71 \pm 0,05$ мкмоль/л, что больше контроля на 6,71, 6,09 и 4,21 %. У 90-дневных поросят наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах, он составил $1,86 \pm 0,03$, $1,85 \pm 0,03$ и $1,82 \pm 0,04$ мкмоль/л соответственно, что больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %. Различия недостоверны. Показатели данного элемента находились на относительно стабильном уровне, что говорит об естественном течении фосфорно-кальциевого обмена и указывает на стабильное развитие организма подопытных поросят. Отношение кальция/фосфор оставалось в оптимальном диапазоне – около 1,5 у поросят всех опытных групп, что, в конечном итоге, обеспечило лучшее развитие внутренних органов и увеличение массы тела.

Содержание железа в сыворотке крови свиней контрольной группы находилось на уровне ниже физиологической нормы. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень железа составил $13,74 \pm 0,70$ мкмоль/л, у 90-дневных – $14,90 \pm 0,80$ мкмоль/л при референсных значениях 16,0–36,0 мкмоль/л. У 60-дневных поросят наибольший уровень железа в сыворотке крови отмечали в опытных группах, которые получали Биоферрон в разных дозах. Так, при даче Биоферрона в дозе 0,1 мл/кг уровень железа был выше контроля на 33,19 %, при даче Биоферрона в дозе 0,2 мл/кг уровень железа повысился на 43,52 %, при даче Биоферрона в дозе 0,3 мл/кг уровень железа повысился на 46,72 % ($p \leq 0,01$). Включение в рацион препарата Биоцинк в разных дозах

также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена. Уровень железа повысился на 12,81 % (Биоцинк 0,1 мл/кг), на 15,57 % (Биоцинк 0,2 мл/кг) и на 17,98 % (Биоцинк 0,3 мл/кг) ($p \leq 0,05$). Мы связываем это с положительным влиянием хелатных соединений биоэлементов на процесс обмена веществ, за счет чего увеличивается поступление минеральных элементов в кровотоки и ко всем внутренним органам. У 90-дневных поросят картина содержания железа сохраняется. Наибольшие значения отмечали во 1-й (Биоферрон 0,1 мл/кг), 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг) и 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) опытных группах, что превышали контроль на 93,49, 97,52 и 112,15 % ($p \leq 0,001$) соответственно. В группах свиней, получавших препарат Биоцинк в разных дозах, уровень железа достигал физиологической нормы, что мы связываем с некоторой интенсификацией основных обменов и улучшением всасывания микроэлементов из кормов.

Содержание цинка в сыворотке крови свиней контрольной группы находилось на уровне ниже физиологической нормы. В контрольной группе 60-дневных поросят уровень цинка составил $28,72 \pm 1,25$ мкмоль/л, у 90-дневных поросят – $30,41 \pm 1,42$ мкмоль/л при референсных значениях 40,0–60,0 мкмоль/л. У 60-дневных поросят наибольший уровень цинка в сыворотке крови отмечали в опытных группах, которые получали Биоцинк в разных дозах. Так, при даче Биоцинка в дозе 0,1 мл/кг уровень цинка был выше контроля на 47,74 %, при даче Биоцинка в дозе 0,2 мл/кг уровень цинка повысился на 62,60 %, при даче Биоцинка в дозе 0,3 мл/кг уровень цинка повысился на 72,42 % ($p \leq 0,001$). Включение в рацион препарата Биоферрон в разных дозах также оказало позитивное влияние на коррекцию минерального обмена. Уровень цинка повысился на 30,50 % (Биоферрон 0,1 мл/кг), на 42,93 % (Биоферрон 0,2 мл/кг) и на 37,39 % (Биоферрон 0,3 мл/кг) ($p \leq 0,001$). У 90-дневных поросят содержание цинка в сыворотке крови сохраняет положительную динамику, что говорит о стабилизации процессов обмена веществ. Концентрация магния в сыворотке крови не различалась достоверно по группам, этот показатель был в пределах референсных значений.

Таким образом, включение в рацион поросят препаратов Биоферрон и Биоцинк в виде хелатных соединений позитивно влияет на биохимические показатели крови, что свидетельствует о положительном влиянии на физиологический статус животных.

ВЫВОДЫ

1. Уровень общего белка в группах, в рацион которых были включены препараты Биоферрон и Биоцинк в разных дозах, был выше, чем у поросят контрольной группы. Наибольший уровень белка отмечали во 2-й опытной (Биоферрон 0,2 мл/кг) группе – на 12,92 % больше контроля, в 5-й опытной (Биоцинк 0,2 мл/кг) группе он превышал контрольные значения на 10,49 %.

2. В 90-дневном возрасте у поросят опытных групп отмечали повышение уровня креатинина в крови на 73,95 %, мочевины – на 11,65 %, АСТ – на 40,19 %, АЛТ – на 50,89 %.

3. У 90-дневных поросят наибольшее значение кальция отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 5-й (Биоцинк 0,2 мл/кг) опытных группах – больше контроля на 43,98, 43,46 и 42,41 %. Наибольший уровень фосфора отмечали во 2-й (Биоферрон 0,2 мл/кг), 3-й (Биоферрон 0,3 мл/кг) и 6-й (Биоцинк 0,3 мл/кг) опытных группах – больше контроля на 5,68, 5,11 и 3,41 %.

4. В 90-дневном возрасте у поросят опытных групп отмечали повышение уровня железа на 112,15%, цинка – на 72,42%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Панькова Е.К.* Биохимические показатели сыворотки крови свиней разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 292–296.
2. *Биохимические* показатели крови свиней различных генотипов / Е.А. Янович, А.Ч. Бурнос, И.В. Аниховская [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. ст. по мат-лам XXVII Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 19 апреля, 17 мая, 24 мая 2024 г.). – Гродно, 2024. – С. 133–135.
3. *Горобец А.Ю., Трубников Д.В.* Влияние микрокапсулированного пробиотика с ферментом на биохимические показатели крови свиней // Инновационные решения актуальных проблем в области ветеринарии: мат-лы Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Курск, 25–26 февр. 2021 г. – Курск, 2021. – С. 144–148.
4. *Лазарева М.В.* влияние органических соединений микроэлементов на продуктивность свиней // Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 2–4 нояб. 2023 г. – Витебск, 2023. – С. 210–215.
5. *Лихошерст Ю.И., Лазарева М.В.* Обоснование необходимости введения в рацион свиней эссенциальных микроэлементов // Вопросы ветеринарной науки и практики: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов факультета ветеринарной медицины Новосибирского государственного аграрного университета, Новосибирск, 30 марта 2021 г. – Новосибирск, 2021. – С. 39–42.
6. *Оценка качества продуктов убоя свиней при использовании в рационе препарата кальция* / Э.К. Папуниди, С.Ю. Смоленцев, Г.С. Степанова, Г.Г. Сергиенко // Вестник Марийского государственного университета. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2021. – Т. 7, № 2 (26). – С. 49–56.
7. *Лавникович А.А., Мохова Е.В.* Биологические функции отдельных микроэлементов и комплексов как факторов, влияющих на обмен веществ // Взгляд молодежи на решение проблем развития АПК в условиях глобализации современного общества: сб. мат-лов XLIX Междунар. студ. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Победы / ГАУ Северного Зауралья. – Тюмень, 2015. – С. 218–221.
8. *Коцаева О.С.* Роль органических микроэлементов в кормлении животных // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства. – Мат-лы I Междунар. науч. конф. Т. 1. – Воронеж, 2018. – С. 100–105.
9. *EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al.* Efficacy of iron chelates of lysine and glutamic acid as feed additive for all animal species // EFSA Journal. – 2020. – Vol. 18, № 6. – P. e06164.
10. *Цис Е.Ю., Чабеев М.Г., Некрасов Р.В.* Влияние комплекса органических микроэлементов на обмен веществ и продуктивность супоросных и подсосных свиноматок // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (42). – С. 230–236.
11. *Effects of Protein-Chelated Zinc Combined with Mannan-Rich Fraction to Replace High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health in Weaned Piglets* / G. Zhang [et al.] // Animals. – 2022. – Т. 12, № 23. – P. 3407.

REFERENCES

1. Pan'kova E.K., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 3 (89), pp. 292–296. (In Russ.)
2. Janovich E.A., Burnos A.Ch., Anihovskaja I.V., Zajac V.N., Tanana L.N., Putik A.A., *Sovremennye tehnologii sel'skhozajstvennogo proizvodstva* (Modern agricultural production technologies), Collection of scientific articles

based on the materials of the XXVII International Scientific and Practical Conference, Grodno, 2024, pp. 133–135. (In Russ.)

3. Gorobec A.Ju., Trubnikov D.V., *Innovacionnye reshenija aktual'nyh problem v oblasti veterinarii* (Innovative solutions to pressing problems in the field of veterinary medicine), Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference, Kursk, 2021, pp. 144–148. (In Russ.)
4. Lazareva M.V., *Aktual'nye problemy lechenija i profilaktiki boleznej molodnjaka* (Topical problems of treatment and prevention of diseases of young animals), Materials of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, 2023, pp. 210–215. (In Russ.)
5. Lihosherst Ju.I., Lazareva M.V., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki* (Issues of veterinary science and practice), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 39–42. (In Russ.)
6. Papunidi Je.K., Smolencev S.Ju., Stepanova G.S., Sergienko G.G., *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Sel'skohozjajstvennye nauki. Jekonomicheskie nauki*, 2021, No. 2 (26), pp. 49–56. (In Russ.)
7. Lavnikov A.A., Mohova E.V., *Vzgljad molodezhi na reshenie problem razvitija APK v uslovijah globalizacii sovremennogo obshhestva* (The view of young people on solving the problems of the development of the agro-industrial complex in the context of the globalization of modern society), Collection of materials of the XLIX International student scientific and practical conference, Tyumen, 2015, pp. 218–221. (In Russ.)
8. Koshhaeva O.S., *Prioritetnye vektory razvitija promyshlennosti i sel'skogo hozjajstva*, 2018, pp. 100–105. (In Russ.)
9. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP) et al. Efficacy of iron chelates of lysine and glutamic acid as feed additive for all animal species, *EFSA Journal*, 2020, Vol. 18, No. 6, pp. e06164.
10. Cis E.Ju., Chabaev M.G., Nekrasov R.V., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2018, No. 2 (42), pp. 230–236. (In Russ.)
11. Zhang G., Zhao J., Lin G., Guo Y., Li D., Wu Y., Effects of Protein-Chelated Zinc Combined with Mannan-Rich Fraction to Replace High-Dose Zinc Oxide on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health in Weaned Piglets. *Animals*, No. 12(23), pp. 3407.

Информация об авторах:

Н.А. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор

М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент

Contribution of the authors:

N.A. Shkil, Dr. Vet. sciences, professor, Professor

M.V. Lazareva, edging. veterinarian. sciences, associate professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: 10.31677/2072-6724-2025-74-1-251-257
УДК 619:615:[612.332.7+612.35]:636.598.085.16

ВЛИЯНИЕ ВЕТОМ 20.76 НА ВСАСЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ТОНКОГО ОТДЕЛА КИШЕЧНИКА И СТРУКТУРУ ПЕЧЕНИ ГУСЕЙ КРАСНООЗЕРСКОЙ ПОРОДЫ

Н.С. Яковлева, А.В. Ухлова, И.А. Локтев

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: loktev_igor_nsau@mail.ru

Для цитирования: Яковлева Н.С., Ухлова А.В., Локтев И.А. Влияние Ветом 20.76 на всасывающую способность тонкого отдела кишечника и структуру печени гусей красноозерской породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 1(74). – С. 251–257. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-74-1-251-257.

Ключевые слова: микробиальный препарат, гуси, гистология, кишечник, печень, ворсинки, Ветом 20.76, всасывающая способность, *Arthrobotrys oligospora*.

Реферат. Птицеводство является одной из самых развитых отраслей животноводства в России. Привычным для потребителя является мясо курицы, но в последнее время отмечается рост спроса именно на мясо гуся. Важными факторами при разведении данного вида птицы является ее неприхотливость и высокая рентабельность выращивания. При разведении птицы в нашей стране активно применялись кормовые антибиотики, которые имеют множество побочных эффектов не только для животного, но и для человека, употребляющего продукцию такого животноводства. Кормовые антибиотики, безусловно, позволяют увеличивать прирост живой массы у животных, но в условиях высококалорийного кормления и непосредственного воздействия антибиотиков происходит серьезное влияние на печень птицы. Кроме того, в последнее время остро стоит проблема антибиотикорезистентности, в связи с этим необходимо находить замену антибиотикам, которая будет более безопасной и эффективной. Одной из таких разработок является микробиальный препарат Ветом 20.76, основой которого является культура хищного гриба *Arthrobotrys oligospora*. Данный микробиальный препарат стимулирует обменные процессы в организме птицы, из-за чего повышаются привесы живой массы, что является одним из важных зоотехнических показателей в животноводстве. Целью наших исследований является изучение влияния микробиального препарата Ветом 20.76 на структуру печени и всасывающую способность тонкого кишечника гусей красноозерской породы. В научно-производственном опыте, проведенном по принципу пар-аналогов, гуси опытных групп получали дополнительно с водой препарат ветом 20.76 в дозе 0,5, 1 и 2 мл/кг массы тела в течение 30 дней. Установлено, что структура печени птицы опытных и контрольной групп не имеет различий, но отмечается увеличение и плотность кишечных ворсинок, а также увеличение секреции слизи. При отмене препарата наблюдалось снижение данных показателей.

THE EFFECT OF THE MICROBIAL PREPARATION VETOM 20.76 ON THE ABSORPTION CAPACITY OF THE THIN INTESTINE AND THE LIVER STRUCTURE GEESSE

N.S. Yakovleva, A.V. Ukhlova, I.A. Loktev

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: loktev_igor_nsau@mail.ru

Keywords: microbial preparation, geese, histology, intestines, liver, villi, Vetom 20.76, absorption capacity, *Arthrobotrys oligospora*.

Abstract. Poultry farming is one of the most developed branches of animal husbandry in Russia. Chicken meat is familiar to consumers, but recently there has been an increase in demand for goose meat. Important factors in the breeding of this type of bird is that it is unpretentious and there is a high profitability of cultivation. When breeding poultry in our country, feed antibiotics were actively used, which have many side effects not only for the animal, but also for the person who uses the products of such animal husbandry. They certainly allow you to increase the increase in live weight in animals, but in conditions of high-calorie feeding and the direct influence of antibiotics, there is a serious impact on the liver of poultry, and recently the problem of antibiotic resistance has been acute, which is why it is necessary to find a replacement for them that will be safer and more effective.

*One of such developments is the microbial preparation Vetom 20.76, which is based on the culture of the predatory fungus *Arthrobotrys oligospora*. This probiotic drug stimulates metabolic processes in the body of a bird and its body weight gain increases, which is one of the important zootechnical indicators in animal husbandry. The purpose of our research is to study the effect of the microbial preparation Vetom 20.76 on the liver structure and the absorption capacity of the small intestine of the Krasnoozersk geese. In a scientific and production experiment conducted on the principle of pairs and analogues, geese of the experimental groups received additionally with water the drug Vetom 20.76 at a dose of 0.5 mkl / kg, 1 mkl / kg and 2 mkl / kg of body weight for 30 days. It was found that the structure of the liver of poultry of the experimental and control groups did not differ, but there was an increase in the density of intestinal villi, as well as an increase in mucus secretion. When the drug was discontinued, a decrease in these indicators was noted.*

Продукция, получаемая от такой активно развивающейся отрасли животноводства, как гусеводство, является очень качественной, поэтому на нее постепенно растет потребительский спрос. Получение хорошего и безопасного мяса, пуха, пера гусей ставится главной задачей в данном направлении [1].

Современные породы птиц имеют очень высокий уровень метаболизма. Его эффективность значительно ограничивается всасывающей функцией кишечника. При определенной и адекватной функциональной поддержке желудочно-кишечного тракта птицы можно добиться намного лучшего усвоения корма без увеличения его потребления [2].

На сегодняшний день большинство стран Европейского союза ввели запреты на введение антибиотиков в корма для птиц. Применение таких кормовых добавок на регулярной основе приводит к проблеме накопления их в продуктах животного происхождения, что влечет за собой не только развитие антибиотикорезистентности у животных и человека, но и к опасности развития очень резистентных штаммов микроорганизмов [3]. Все актуальнее становится вопрос о поиске замены данным веществам без потери тех свойств, которые они несут для улучшения показателей продуктивности животных [4–5].

В наше время активно развивается направление изучения препаратов на основе различных микроорганизмов – пробиотиков. Огромным достоинством таких микробиальных препаратов является то, что они не оказывают воздействия на нормальную микрофлору кишечника животных. Такой вид добавок признан достойной альтернативой антибиотикам, ведь они также имеют низкую токсичность, положительно влияют на рост и продуктивность птицы, оберегают ее организм от воздействия патогенных агентов, а также оказывают стимулирующее воздействие на иммунную систему [6–7].

Также пробиотические препараты представляют собой перспективный способ восстано-

вления популяции и повышения эффективности нормальной микробиоты кишечника птиц [8–10]. Это является значимым в жизнедеятельности птицы, так как кишечная микрофлора – одна из самых крупных и сложнейших микроэкосистем в организме животного, ведь благодаря ей происходит полноценное усвоение питательных веществ кормов, также она является значительным барьером от воздействия патогенных агентов, которые влекут за собой заболевания птицы, а следовательно, и потерю продуктивности [11–12].

Ранее проведенные исследования препарата Ветом 20.76 уже показали его эффективность в отношении повышения уровня лейкоцитов в крови гусей, что подтверждает непосредственное воздействие на иммунную систему и повышение неспецифической резистентности птиц [13], а также его влияние на улучшение показателей обмена веществ и защитной функции организма крыс [14]. Препарат относится к IV классу токсичности – «вещества малоопасные» [15].

Цель исследования – изучить влияние микробиального препарата Ветом 20.76 на всасывающую способность тонкого отдела кишечника и структуру печени гусей красноозерской породы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-производственный опыт и исследования проведены в ООО Научно-производственная фирма «Исследовательский центр» и лаборатории кафедры фармакологии и общей патологии факультета ветеринарной медицины Новосибирского ГАУ.

Лабораторный опыт был проведен в соответствии с Методикой проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы ВНИИТИП (2004). По принципу пар-аналогов из клинически здоровых гусят красноозерской породы месячного возраста, прошедших предварительно карантин в течение 14 дней, было сформировано три опыт-

ных и контрольная группы по 10 птиц в каждой. Условия содержания и кормления соответствовали зоогигиеническим нормам. Ежедневно гуси опытных групп получали дополнительно с водой препарат Ветом 20.76 в дозе 0,5, 1 и 2 мкл/кг массы тела в течение 30 дней, в то время как гусям контрольной группы микробиальный препарат не давался.

Гистологическую структуры печени и тонкого отдела кишечника гусей изучали до опыта, на 30-е и 60-е сутки эксперимента.

Гистологическое исследование печени и тонкого отдела кишечника проводили согласно ГОСТ 19496–2013. Для гистологического и гистохимического исследования отбирали кусочки печени размерами 0,5×0,5×0,5 см. Материал фиксировали в 10%-м нейтральном формалине, затем производили обезвоживание образцов в спиртах возрастающей концентрации, просветляли ксилолом и заключали в парафин HISTOMIX («BioVitrum», Россия). Материал заливали парафином, срезы изготавливали на санном микротоме толщиной 5–6 мкм. Полученные срезы окрашивали гематоксилином-эозином, в качестве основного красителя использовали квасцовый гематоксилин Эрлиха. Гистологические срезы исследовали на микроскопе Axiostar plus, оснащеной камерой Axiocam MRc5 («Zeiss», Германия). Патоморфологическое исследование тканей печени и тонкого отдела кишечника проводили при увеличении ×100 и ×400. В каждом срезе приводили оценку не менее десяти полей зрения.

Для оценки продукции нейтральных муцинов в слизистой оболочке кишечника производили окрашивание срезов тонкого отдела кишечника реактивом Шиффа (ШИК-реакция). Далее визуально проводили оценку продукции слизи эпителиоцитами кишечника.

PAS (Periodic Acid-Schiff)-реакция или, как ее еще называют, ШИК-реакция (реакция Шиффа-йодной кислоты). Реакция включает два основных этапа: окисление материала в растворе йодной кислоты и последующее их окрашивание в реактиве Шиффа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У гусей до начала эксперимента печень имела нормальное строение, представляющее собой паренхиму и строму. Строма органа выражена слабо, имеется только по периферии, формируя тонкую капсулу, а также в области порталных трактов.

Паренхима представлена гепатоцитами многогранной формы с 1–2 эксцентрично расположенными ядрами. Гепатоциты формируют радиально направленные трабекулы, имеющие клубочковый вид. Цитоплазма гепатоцитов слабозернистая, небольшое количество гепатоцитов имеют вакуоли. Также наблюдаются единичные гепатоциты в состоянии дистрофии и некроза, что является нормой для данного органа. Также наблюдаются единичные лимфоциты в просвете синусоидов и в порталных трактах (рис. 1).

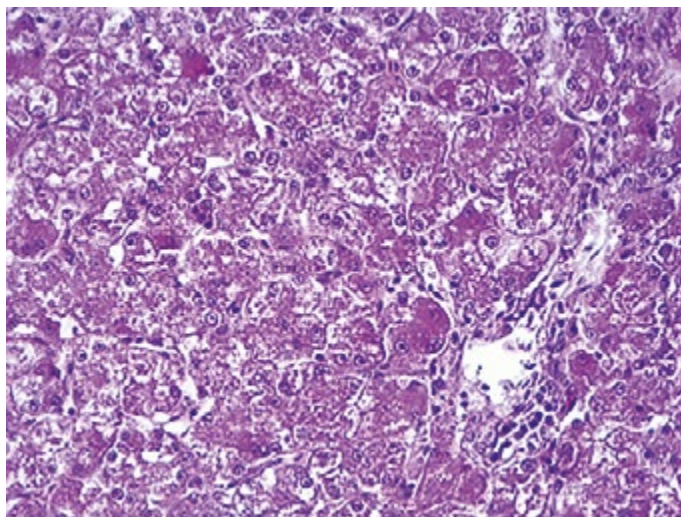


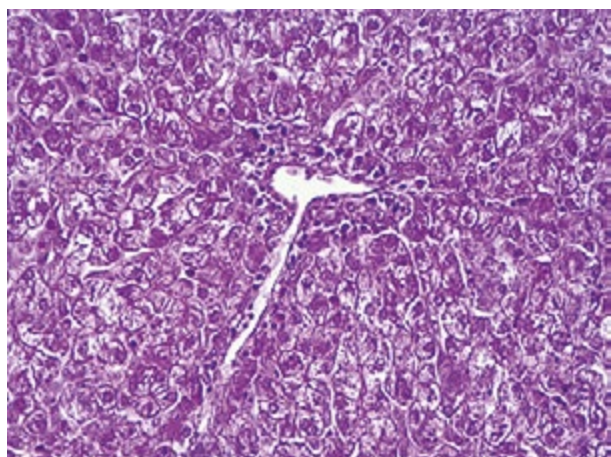
Рис. 1. Гистологическое строение печени гусей до начала эксперимента. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение ×400

Histological structure of the liver of geese before the start of the experiment. Hematoxylin and eosin staining. Zoom ×400

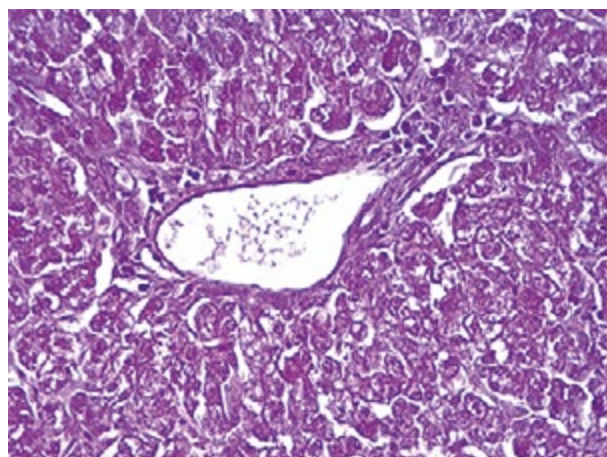
Структура печени гусей 1–3-й опытных групп на 30-е сут. эксперимента не отличается от контрольной группы на 30-е сут.: вакуолизация гепатоцитов более выражена, чем до опыта, а лимфоциты в синусоидах и портальных трактах практически отсутствуют. Разницы между группами выявлено не было (рис. 2).

При гистологическом исследовании кишечника гусей выявлено, что его стенки имели ти-

пичное строение и были представлены слизистой, подслизистой, мышечной и серозной оболочками. Слизистая оболочка кишечника гусей также имела типичное строение, формируя выраженные складки и крипты, покрытые эпителием, а также собственную и мышечную пластинки слизистой. Кишечник гусей до опыта, а также контрольных и опытных групп имел идентичное строение (рис. 3).



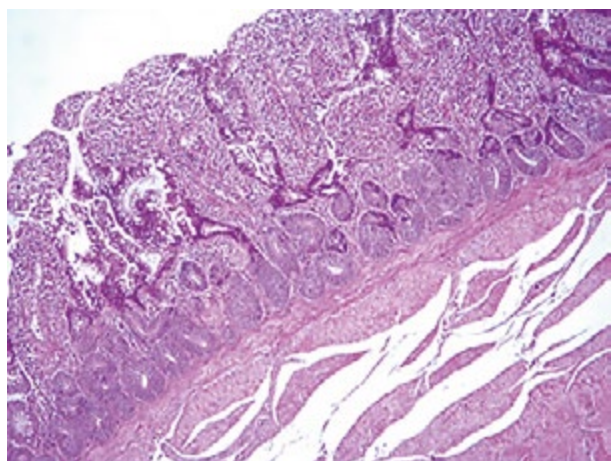
a



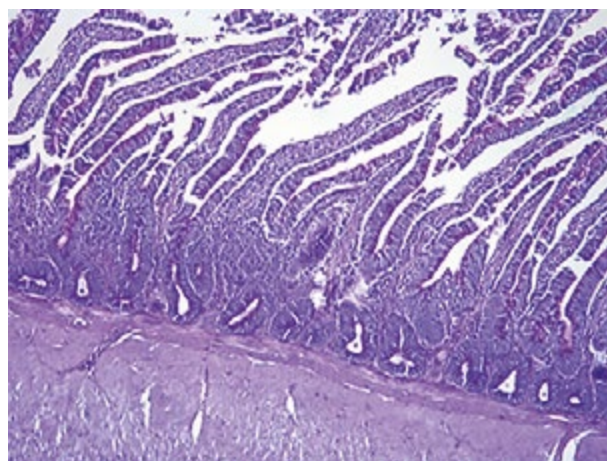
б

Рис. 2. Гистологическое строение печени гусей на 30-е сут., окраска гематоксилином и эозином: *a* – контрольная группа, *б* – 3-я опытная группа, получавшая Ветом 20.76 в дозе 2 мкл/кг. Увеличение $\times 400$

Histological structure of the liver of geese on the 30th day, stained with hematoxylin and eosin: *a* – control group, *б* – experimental group 3, which received Vetom 20.76 at a dose of 2 mkl/kg. Zoom $\times 400$



a



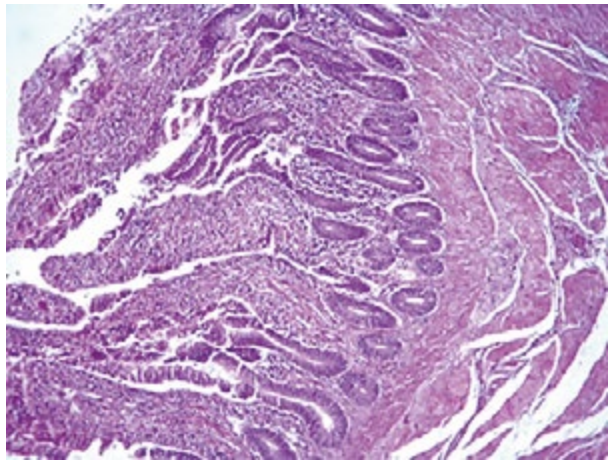
б

Рис. 3. Гистологическое строение кишечника гусей до начала эксперимента: *a* – окраска гематоксилином и эозином, *б* – реактивом Шиффа (ШИК-реакция). Увеличение $\times 100$

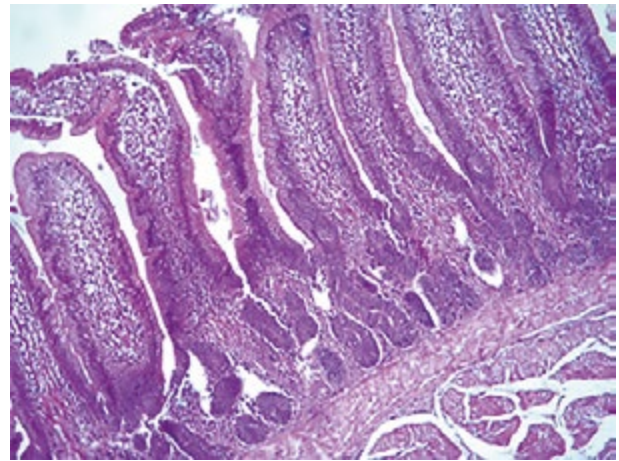
Histological structure of the intestines of geese, before the start of the experiment: *a* – staining with hematoxylin and eosin, *б* – Schiff's reagent (CHIK reaction). Zoom $\times 100$

У гусей из опытных групп на 30-е сут. эксперимента наблюдалось увеличение высоты и плотности ворсинок, а также железистого эпителия, покрывающего их, и бокаловидных клеток,

продуцирующих слизь (ШИК-реакция) по сравнению с контрольной группой (рис. 4 и 5). Причем эта тенденция нарастала в ряду: 1-я группа > 2-я группа > 3-я группа.



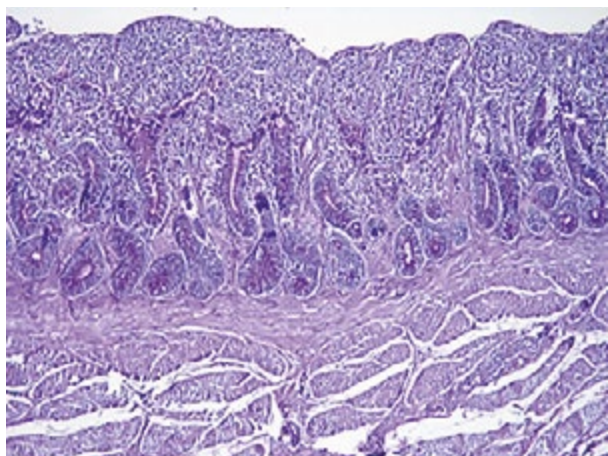
a



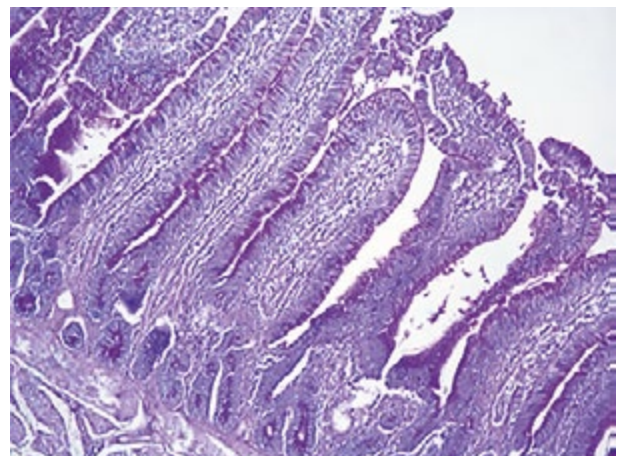
б

Рис. 4. Гистологическое строение кишечника гусей на 30-е сут., окраска гематоксилином и эозином: *a* – контрольная группа; *б* – 1-я опытная группа, получавшая Ветом 20.76 в дозе 1 мкл/кг. Увеличение $\times 100$

Histological structure of the intestines of geese on the 30th day, stained with hematoxylin and eosin: *a* – control group; *б* – experimental group 1, which received Vetom 20.76 at a dose of 1 mkl/kg. Zoom $\times 100$



a



б

Рис. 5. Гистологическое строение кишечника гусей на 30-е сут., окраска реактивом Шиффа (ШИК-реакция): *a* – контрольная группа; *б* – 1-я опытная группа, получавшая ветом 20.76 в дозе 1 мкл/кг. Увеличение $\times 100$

Histological structure of the intestines of geese on the 30th day, stained with Schiff's reagent (ШИК reaction): *a* – control group; *б* – experimental group 1, which received Vetom 20.76 at a dose of 1 mkl/kg. Zoom $\times 100$

Полученные результаты согласуются с данными других исследователей [16–17], которые также описывают позитивное влияние микробиальных препаратов на организм птицы. Препараты на основе хищных грибов не оказывают негативного действия на печень, увеличивают высоту и плотность ворсинок тонкого отдела кишечника у гусей.

ВЫВОДЫ

1. При гистологическом исследовании печени структурных нарушений не наблюдали. Структура печени птицы опытных и контрольной групп не

имела выраженных изменений, что говорит о том, что микробиальный препарат Ветом 20.76 не оказывает негативного воздействия на организм гусей красноозерской породы.

2. При патоморфологическом исследовании гистологических срезов тонкого отдела кишечника отмечали увеличение высоты и плотности ворсинок кишечника, а также при проведении ШИК-реакции отмечалось увеличение секреции слизи. Данные изменения указывают на то, что Ветом 20.76 повышает всасывающую способность кишечника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дюмин М.С., Пронин В.В. Влияние пробиотика Бифидум № 791 БАГ на продуктивность и морфобиохимические показатели крови гусей переяславской породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2012. – № 3(24). – С. 74–77. – EDN PJTNET.
2. Poultry diets without antibiotics. I. intestinal microbiota and performance of broiler (*Gallus Gallus* L.) breeders fed diets with enterosorbent possessing phytobiotic and probiotic effects / I.A. Egorov, T.N. Lenkova, V.A. Manukyan [et al.] // Agricultural Biology. – 2019. – Vol. 54, No. 2. – P. 280–290. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.280rus. – EDN ZIGJVR.
3. Бактериальные ферменты как потенциальные кормовые добавки в птицеводстве / А.О. Корягина, Д.С. Бульмакова, А.Д. Сулейманова [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. – 2019. – Т. 161, № 3. – С. 459–471. – DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.459-471. – EDN YGDUFH.
4. Замещение кормовых антибиотиков в рационах. Сообщение II. Микробиота кишечника и продуктивность мясных кур (*Gallus gallus* L.) на фоне фитобиотика / И.А. Егоров, Т.А. Егорова, Т.Н. Ленкова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 4. – С. 798–809. – DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.798rus. – EDN RXVDGV.
5. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation Product and Probiotic Supplementation on Growth Performance, Gut Microflora and Immunity of Broiler Chickens / S. Soren, G.P. Mandal, S. Mondal [et al.] // Animals. – 2024. – № 14(6). – P. 866. – DOI: 10.3390/ani14060866.
6. Оценка влияния иммобилизации в полимерную матрицу пробиотика и ксиланазы на эффективность кормления птицы / Ж.А. Григорьева, О.Б. Новикова, А.Б. Осипов, Р.М. Хоменко // Птицеводство. – 2020. – № 12. – С. 21–25. – DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-12-21-25. – EDN ППВХ.
7. Зяблицева М.А. Применение ЭМ-технологии (эффективных микроорганизмов) для формирования микрофлоры кишечника цыплят-бройлеров // Птицеводство. – 2022. – № 4. – С. 51–56. – DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-4-51-56. – EDN EDIUKA.
8. Влияние пробиотиков *Bacillus subtilis* GM2 и GM5 на рост и усвояемость кормов у цыплят-бройлеров / Г.Ф. Хадиева, М.Т. Лутфуллин, А.А. Николаева [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. – 2019. – Т. 161, № 3. – С. 472–489. – DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.472-489. – EDN PKPNRV.
9. Alayande K.A., Aiyegoro O.A., Ateba C.N. Probiotics in Animal Husbandry: Applicability and Associated Risk Factors // Sustainability. – 2020. – № 12(3). – P. 1087. – DOI: 10.3390/su12031087.
10. Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review / R. Jha, R. Das, S. Oak, P. Mishra // Animals (Basel). – 2020. – № 10(10). – P. 1863. – DOI: 10.3390/ani10101863. – PMID: 33066185. – PMCID: PMC7602066.
11. Response of goose intestinal microflora to the source and level of dietary fiber / H. Zhou, W. Guo, T. Zhang [et al.] // Poult Sci. – 2018. – № 97(6). – P. 2086–2094. – DOI: 10.3382/ps/pey045. – PMID: 29452399.
12. Effects of indoor and outdoor rearing system on geese biochemical parameters and cecal microbial composition / Y.Y. Lin, P.E. Chang, S.Y. Shen, S.D. Wang // Poult Sci. – 2023. – № 102(8). – P. 102731. – DOI: 10.1016/j.psj.2023.102731. – PMID: 37276705. – PMCID: PMC10276145.
13. Влияние препарата Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* на уровень лейкоцитов в крови гусей / Н.С. Яковлева, Г.А. Ноздрин, М.С. Яковлева [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 4. – С. 103–108. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108.
14. Уткина Р.Г., Ноздрин Г.А. Биохимические исследования крови подопытных крыс в оценке острой оральной токсичности Ветом 20.76 на основе хищного гриба *Arthrobotrys oligospora* // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1(66). – С. 225–231. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-225-231. – EDN LOAXKZ.
15. Оценка скорости роста гусят и утят в доклиническом исследовании на острую токсичность нового микробиологического препарата Ветом 20.76 / Р.Г. Уткина, Г.А. Ноздрин, А.О. Фатеев, Т.С. Гладкович // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2020. – № 3. – С. 40–47. – EDN OQCEQR.
16. Сковородин Е.Н., Деблик А.Г. Влияние пробиотиков на функциональную морфологию органов цыплят // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3. – С. 23–29. – EDN NUSWWT.
17. Соколов В.Г. Клинико-морфологическая характеристика толстой кишки перепелов при применении пробиотического препарата «Бифидумбактерин» и аскорбиновой кислоты // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – № 23(186). – С. 141–145. – EDN SBTANP.

REFERENCES

1. Dyumin M.S., Pronin V.V., *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2012, No. 3(24), pp. 74–77, EDN PJTNET. (In Russ.)
2. Egorov I.A., Lenkova T.N., Manukyan V.A. [et al.], Poultry diets without antibiotics. I. intestinal microbiota and performance of broiler (*Gallus Gallus* L.) breeders fed diets with enterosorbent possessing phytobiotic and probiotic effects, *Agricultural Biology*, 2019, Vol. 54, No. 2, pp. 280–290, DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.280rus, EDN ZIGJVR.
3. Koryagina A.O., Bulmakova D.S., Suleymanova A.D. [et al.], *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvennyye nauki*, 2019, T. 161, No. 3, pp. 459–471, DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.459-471, EDN YGDUFH. (In Russ.)
4. Egorov I.A., Egorova T.A., Lenkova T.N. [et al.], *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2019, T. 54, No. 4, pp. 798–809, DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.798rus, EDN RXVDGV. (In Russ.)
5. Soren S., Mandal G.P., Mondal S et al., Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation Product and Probiotic Supplementation on Growth Performance, Gut Microflora and Immunity of Broiler Chickens, *Animals*, 2024, No. 14(6), pp. 866, DOI: 10.3390/ani14060866.
6. Grigorieva Zh.A., Novikova O.B., Osipov A.B., Khomenko R.M., *Ptitsevodstvo*, 2020, No. 12, pp. 21–25, DOI: 10.33845/0033-3239-2020-69-12-21-25, EDN IIIIBX. (In Russ.)
7. Zyablitseva M.A., *Ptitsevodstvo*, 2022, No. 4, pp. 51–56, DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-4-51-56, EDN EDIU-KA. (In Russ.)
8. Khadieva G.F., Lutfullin M.T., Nikolaeva A.A. [et al.], *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvennyye nauki*, 2019, T. 161, No. 3, pp. 472–489, DOI: 10.26907/2542-064X.2019.3.472-489, EDN PKPNRV. (In Russ.)
9. Alayande K.A., Aiyegoro O.A., Ateba C.N., Probiotics in Animal Husbandry: Applicability and Associated Risk Factors, *Sustainability*, 2020, No. 12(3), pp. 1087, DOI: 10.3390/su12031087.
10. Jha R., Das R., Oak S., Mishra P., Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review, *Animals (Basel)*, 2020, Oct 13, No. 10(10), pp. 1863, DOI: 10.3390/ani10101863, PMID: 33066185, PMCID: PMC7602066.
11. Zhou H., Guo W., Zhang T. et al., Response of goose intestinal microflora to the source and level of dietary fiber, *Poult Sci.*, 2018, Jun 1, No. 97(6), pp. 2086–2094, DOI: 10.3382/ps/pey045, PMID: 29452399.
12. Lin Y.Y., Chang P.E., Shen S.Y., Wang S.D., Effects of indoor and outdoor rearing system on geological biochemical parameters and cecal microbial composition, *Poult Sci.*, 2023, Aug, No. 102(8), pp. 102731, DOI: 10.1016/j.psj.2023.102731, PMID: 37276705, PMCID: PMC10276145.
13. Yakovleva N.S., Nozdrin G.A., Yakovleva M.S., Tishkov S.N., Shevchenko A.I., *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2019, No. 4, pp. 103–108, DOI: 10.31677/2072-6724-2019-53-4-103-108. (In Russ.)
14. Utkina R.G., Nozdrin G.A., *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2023, No. 1(66), pp. 225–231, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-225-231, EDN LOAXKZ. (In Russ.)
15. Utkina R.G., Nozdrin G.A., Fateev A.O., Gladkovich T.S., *Osnovy i perspektivy organicheskikh biotekhnologiy*, 2020, No. 3, pp. 40–47, EDN OQCEQR. (In Russ.)
16. Skovorodin E.N., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No. 3, pp. 23–29, EDN NUSWWT. (In Russ.)
17. Sokolov V.G., *Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy*, 2020, No. 23(186), pp. 141–145, EDN SBTAP. (In Russ.)

Информация об авторах:

Н.С. Яковлева, кандидат ветеринарных наук

А.В. Ухлова, аспирант

И.А. Локтев, студент

Contribution of the authors:

N.S. Yakovleva, Candidate of Veterinary Sciences

A.V. Ukhlova, Senior teacher

I.A. Loktev, student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

