

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№1(66)
2023

Научный журнал

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский государственный аграрный университет

Научный журнал
№ 1(66)2023

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:
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., главный редактор, проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора, (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Будажапов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)
Булашев А.К. – д-р вет. наук, проф., кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)
Бямбаа Б. – д-р вет. наук, академик Монгольской академии наук, президент Монгольской академии аграрных наук (Улан-Батор, Монголия)
Власенко Н.Г. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (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, проф. кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Главенденекич М.М. – д-р биотехн. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры Университета б. Белграда (Белград, Сербия)
Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Добротворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)
Донченко Н.А. – д-р вет. наук, чл.-корр. РАН, руководитель ИЭВСиДВ СФНЦА РАН (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, проф., зав. кафедрой разведения, кормления и частной зоотехнии, декан биолого-технологического факультета ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Кауфман О. – д-р аграр. наук, проф. Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)
Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Коуржил Я. – Ph. D., проф. лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будеёвице, Чехия)
Кочетов А.В. – д-р биол. наук, акад. РАН, директор ФИЦ ИЦиГ СО РАН (Новосибирск, Россия)
Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Мейсснер Р. – д-р техн. наук, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)
Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., проф. кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, проф. акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)
Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Поповски З. – д-р аграр. наук, проф. кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)
Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Шарков И.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)
Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларусь по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор Мищенко О.Н.

Редактор Коробкова Т.К.

Компьютерная верстка Зверев А.Е.

Переводчик Рюмкина И.Н.

Дата выхода в свет 31 марта 2023 г. Свободная цена.

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

Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2574.

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(66)2023

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.nsaau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

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

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

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

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)

Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)

Vlasenko N.G. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Science, Senior Research Fellow, Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemicalization (Novosibirsk, Russia)

Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botanics and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Glavendekich M.M. – Dr. Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)

Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)

Dobrotvorskaya N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Donchenko N.A. – Dr. of Veterinary Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head at the Institute of Experimentally Veterinary Medicine of Siberia and Far East, at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Dubovskii I.M. – Dr. of Biological Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Zhuchayev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of the Chair of Animal Husbandry, Dean of Biology-Technological Faculty at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)

Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)

Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)

Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Meissner R. – Dr. of Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)

Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

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

Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)

Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.H.*

Editor *T.K. Korobkova*

Desktop publishing: *Zverev A.E.*

Translator: *Ryumkina. I.N.*

Date of publication 31 March 2023. Free price.

Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 31,5 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface "Times New Roman" is used. Order no. 2574.

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

Александрова Т.И. Влияние некорневых подкормок на адаптационные характеристики сортов сливы в аридных условиях Астраханской области. 5

Бакшаев Д.Ю., Кашеваров Н.И., Жданова И.Л. Возделывание фестуолиума в смеси с люцерной на кормовые цели в лесостепи Западной Сибири. 12

Бухаров А.Ф., Еремина Н.А. Семенная продуктивность и морфометрические параметры семян *Myrrhis odorata* (L.) Scop. в условиях Московской области. 21

Галеев Р.Р., Петров Д.Д., Альберт М.А., Смирнов А.Е., Ковалёв Е.А., Рядский Е.В. Эффективность использования современного генофонда при производстве зерновых и зернобобовых культур. 29

Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С. Продуктивность сортов клевера лугового в условиях Волго-Вятского региона. 39

Матвеева Н.И. Регуляторы роста и их действие на биологические признаки груши. 46

Мусинов К.К., Сурначёв А.С., Козлов В.Е. Влияние агроклиматических условий весенне-летней вегетации на формирование урожайности озимой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири. 55

Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М. Ризоктониоз картофеля в условиях производства в лесостепи Западной Сибири. 64

Соколова Л.М. Системное применение иммунологической схемы при диагностике *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. 73

Трубников Ю.Н., Бопп В.Л. Влияние минеральных удобрений и гербицидов на семенную продуктивность многолетних трав в Приенисейской Сибири. 83

Чернышева О.О., Вахрушева В.В., Прядильщикова Е.Н. Продуктивность и питательность зеленой массы сортов и гибридов ярового рапса в условиях Северо-Запада РФ. 91

Шарков И.Н., Андроханов В.А., Самохвалова Л.М., Антипина П.В. Влияние минимизации обработки на баланс углерода в почве в лесостепи новосибирского Приобья. 99

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Алексеева З.Н., Степанова М.А., Некрасова М.А., Клемешова И.Ю. Рост, жизнеспособность и продуктивность молодняка американской норки разного генотипа и поведенческого типа. 107

Зайко О.А., Бирюля И.К., Коновалова Т.В., Глущенко Е.Е., Короткевич О.С., Желтиков А.И. Абсолютная масса внутренних органов свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири. 115

AGRONOMY

Alexandrova T.I. Influence of foliar fertilising on adaptation characteristics of plum varieties under arid conditions of the Astrakhan region. 5

Bakshaev D.Yu., Kashevarov N.I., Zhdanova I.L. Cultivation of festulolium mixed with alfalfa foraging purposes in the forest-steppe of Western Siberia. 12

Bukharov A.F., Eremina N.A. Productivity and morphometric parameters of *Myrrhis odorata* (L.) Scop. seeds in the conditions of the Moscow region 21

Galeev R.R., Petrov D.D., Albert M.A., Smirnov A.E., Kovalev E.A., Ryadskiy E.V. Efficiency of use of the modern gene pool in the production of cereals and legumes. 29

Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. Productivity of clover varieties in the conditions of the Volga-Vyatka region. 39

Matveeva N.I. Growth regulators and their effects on biological signs of pear. 46

Musinov K.K., Surnachev A.S., Kozlov V.E. Influence of agroclimatic conditions of the spring-summer vegetation on the formation of winter wheat yield under the needs of the forest-steppe of Western Siberia. 55

Pilipova U.V., Shaldayeva E.M. Rhizoctonia potato disease in production conditions in the forest-steppe of Western Siberia. 64

Sokolova L.M. Systemic application of the immunological scheme for diagnosing *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. 73

Trubnikov Yu.N., Bopp V.L. The effect of mineral fertilisers and herbicides on the seed productivity of perennial grasses in Yenisei Siberia. 83

Chernysheva O.O., Vakhrusheva V.V., Pryadilshchikova E.N. Productivity and nutritional value of the green mass of varieties and hybrids of spring rapeseed in the conditions of the north-west of the Russian Federation. 91

Sharkov I.N., Androkhannov V.A., Samokhvalova L.M., Antipina P.V. Effect of tillage minimisation on the carbon balance in the soil in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. 99

VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES

Alekseeva Z.N., Stepanova M.A., Nekrasova M.A., Klemeshova I.Yu. Growth, viability and productivity of young American Mink of different genotypes and behavioural types. 107

Zaiko O.A., Biryulya I.K., Konovalova T.V., Gluschenko E.E., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I. The absolute mass of the internal organs of the Landras pigs grown in Western Siberia. 115

Зуев Р.В., Криворучко А.Ю., Кухарук М.Ю., Никитина А.В. Поиск генов-кандидатов, ассоциированных с живой массой у овец северокавказской мясо-шерстной породы.	Zuev R.V., Krivoruchko A.Yu., Kukharuk M.Yu., Nikitina A.V. Search for candidate genes associated with live weight in north Caucasian meat and wool sheep.	123
Куликова С.Г., Логинов С.И., Гренёва Ю.С. Цитогенетические нарушения у молодняка крупного рогатого скота, вакцинированного против трихофитии.	Kulikova S.G., Loginov S.I., Greneva Yu.G. Cytogenetic disorders in young cattle vaccinated against trichophytosis.	130
Назаренко А.В., Зайко О.А., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Себежко О.И., Петухов В.Л. Закономерности аккумуляции кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы.	Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Petukhov V.L. Regularities of cadmium accumulation in organs and bristle of Kemerovo breed pigs.	140
Нарожных К.Н., Силованова А.Н. Влияние паратипических факторов на уровень цинка в легких бычков герефордской породы в условиях Западной Сибири.	Narozhnykh K.N., Silovanova A.N. Influence of paratypes factors on the level of zinc in the lungs of the Hereford breed	150
Пономарева Е.Н., Гераскин П.П., Сорокина М.Н., Григорьев В.А., Ковалёва А.В. Некоторые аспекты управления репродукционной функцией у самок осетровых рыб.	Ponomareva E.N., Geraskin P.P., Sorokina M.N., Grigoriev V.A., Kovaleva A.V. Some aspects of the control of the reproduction function in female sturgeon fishes.	157
Реймер В.А., Князев С.П., Кенцина А.-М.А. Оценка воспроизводительных и продуктивных качеств петухов различных линий кросса ИЗА-Ф-15.	Reimer V.A., Knyazev S.P., Kentsina A.-M.A. Evaluation of reproductive and productive qualities of roosters of different lines of the IZA-F-15 cross.	175
Самсонова И.Д., Саттаров В.Н., Плахова А.А. Рациональное использование медового запаса лесных угодий для медосбора геопарка Торатай Республики Башкортостан.	Samsonova I.D., Sattarov V.N., Plakhova A.A. Rational use of forest land honey reserve for honey collection of the Toratau geopark of the Republic of Bashkortostan	178
Себежко О.И., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Кочнев Н.Н., Себежко Н.А., Желтиков А.И., Зайко О.А. Наследственная детерминация уровня аспартатаминотрансферазы у крупного рогатого скота голштинской породы.	Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kochnev N.N., Sebezhko N.A., Zheltikov A.I., Zaiko O.A. Hereditary definiteness of aspartate aminotransferase level in Holstein cattle.	185
Сысоева Е.А., Распутина О.В., Трапезов О.В. Влияние Биостила на репродуктивную способность американских норок генотипа Standart dark Brown с разной оборонительной реакцией на человека.	Sysoeva E.A., Rasputina O.V., Trapezov O.V. Influence of Biosteel on the reproductive ability of American Mink, the Standard dark brown genotype with different defensive response to humans.	198
Сысоева Е.А., Распутина О.В., Трапезов О.В. Цитологическая структура вагинального мазка у американских норок в период эструса.	Sysoeva E.A., Rasputina O.V., Trapezov O.V. Cytological structure of a vaginal stroke in American mink during estrus.	210
Тарасевич В.Н., Жилин Р.А., Тарасевич А.Н. Особенности морфологии полулунных клапанов аорты и легочного ствола у сибирской косули.	Tarasevich V.N., Zhilin R.A., Tarasevich A.N. Morphology features of semilunar valves of the aorta and pulmonary trunk in Siberian roe deer.	218
Уткина Р.Г., Ноздрин Г.А. Биохимические исследования крови подопытных крыс в оценке острой оральной токсичности ветома 20.76 на основе хищного гриба <i>Arthrobotrys oligospora</i> .	Utkina R.G., Nozdrin G.A. Biochemical studies of blood of experimental rats in assessing acute oral toxicity of Vetom 20.76 based on the predatory fungus <i>Arthrobotrys oligospora</i> .	225
Чучунов В.А., Радзиевский Е.Б., Коноблей Т.В., Самойлова Т.С., Перепелица М.А. Использование габробракона притупленного для защиты пчелиной сушки.	Chuchunov B.A., Radzievsky E.B., Konobley T.V., Samoilova T.S., Perepelitsa M.A. The use of a Habrobracon blunted to protect bee honeycomb.	232
Шатохин К.С., Никитин С.В., Кочнев Н.Н., Запорожец В.И., Седович М.Е., Коршунова Е.В., Ермолаев В.И. Инбридинг и репродуктивные признаки у мини-свиней ИЦИГ СО РАН.	Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhets V.I., Sedovich M.E., Korshunova E.V., Ermolaev V.I. Inbreeding and reproductive signs in mini-pigs ICG SB RAS.	241

АГРОНОМИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-5-11

УДК 634.22:631

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА АДАПТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРТОВ СЛИВЫ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.И. Александрова, кандидат сельскохозяйственных наук

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

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

Ключевые слова: слива, некорневое питание, листовая поверхность, сорт, микроудобрение, питательные вещества, площадь листа.

Реферат. Представлены результаты изучения влияния некорневых подкормок на параметры листовой поверхности сортов сливы домашней в аридных условиях светло-каштановых почв Северного Прикаспия на опытном участке ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН». Опытный участок заложен в 2014 г. Учеты и наблюдения проведены в 2019–2021 гг. Объектами исследований являлись сорта сливы Кубанская ранняя, Ренклод Альтана, Бербанк и некорневые листовые подкормки препаратаами Мастер, Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций. К главным показателям производственного процесса относят площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и чистую эффективность фотосинтеза, которые показывают тесную прямую взаимосвязь с урожайностью. Развитие оптимальной по размерам площади листовой поверхности представляет собой значимый компонент технологии и играет большую роль в эффективном поглощении световой энергии для осуществления процесса фотосинтеза. Анализ совместного воздействия препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций по показателям параметров листовой поверхности деревьев сливы показал, что наиболее отзывчивыми на их применение являлись сорта Кубанская ранняя и Бербанк. На действие препарата Мастер лучше реагировал сорт Ренклод Альтана. Наибольшей площадью листьев, сформированной на 1 га, отличался вариант с совместным применением препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций – 3671 м². Среди сортов наибольшей площадью листьев, сформированной на 1 га, характеризовался сорт Бербанк, у которого данный показатель составил 3080 м².

INFLUENCE OF FOLIAR FERTILIZING ON ADAPTATION CHARACTERISTICS OF PLUM VARIETIES UNDER ARID CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

Т.И. Александрова, PhD in Agricultural Sciences

Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, village Salt Zaimishtcha, Astrakhan Region, Russia

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

Keywords: plum, foliar fertilizing, leaf surface, variety, microfertilizer, nutrients, leaf area.

Abstract. The article presents the results of the influence of out-root fertilizing on the parameters of the leaf surface of varieties of domestic plums in arid conditions of light chestnut soils of the Northern Caspian. The study was conducted at the experimental site of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The pilot site was laid in 2014. Records and observations were carried out in 2019-2021. The research materials were varieties of plums Kuban early, Renclod Altana, Burbank and out-root leafy fertilizing preparations Master, Aquarin, Ultramag boron and Ultramag calcium. The leading indicators of the production process include the leaf surface area, photosynthetic capability and the net efficiency of photosynthesis, which show a close direct relationship with yield. Developing an optimal leaf surface area is an essential component of the technology and is vital for effectively absorbing light energy for photosynthesis. Analysis of the effects of micro-fertilizers Aquarin and Ultramag boron at the same time Ultramag calcium on the parameters of the leaf surface of plum trees showed that the most responsive varieties for the use of this drug were the Kuban early and Burbank varieties. The Renkloda Althana variety responded better to the action of the Master preparation. The largest leaf area formed

on 1 ha, relative to the control, differed in the variant with the combined use of Aquarin, Ultramag boron and Ultramag calcium, which amounted to 3671 m². Among the varieties, the Burbank variety was characterized by the largest leaf area formed per 1 ha, in which this indicator was 3080 m².

Одна из важнейших составляющих системы применения минеральных удобрений в садах – обеспечение деревьев питательными веществами через листья [1]. Преимущества некорневой подкормки плодовых деревьев питательными веществами заключаются в следующем. Во-первых, при использовании этой технологии почва химически не связывает питательные вещества, в которых нуждаются растения. Во-вторых, листовое питание деревьев значительно снижает расход минеральных удобрений, но при этом дает высокую эффективность [2–4].

Продуктивность сада в первую очередь определяется эффективностью работы листового аппарата, а именно его площадью, продолжительностью работы, интенсивностью фотосинтеза. Листья являются очень гибкими вегетативными органами и положительно реагируют на использование биологически активных веществ [5–7].

Астраханская область, расположенная на юго-востоке Восточно-Европейской равнины в зоне северных полупустынь, входит в состав Южного федерального округа и относится к Поволжскому экономическому району. Протяженность области, расположенной по обе стороны от р. Волги, составляет более 400 км. На востоке она граничит с Казахстаном, на западе – с Республикой Калмыкия, на севере и северо-западе – с Волгоградской областью, на юге и юго-востоке – с Каспийским морем [8, 9].

Цель исследований заключалась в изучении влияния некорневых подкормок макро- и микроудобрениями на параметры листовой поверхности сортов сливы (площадь листа, площадь листьев одного дерева, площадь листьев на 1 га) в острозасушливых условиях Астраханской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» проводилось изучение влияния некорневого минерального питания на параметры листовой поверхности сортов сливы Кубанская ранняя, Ренклод Альтана и Бербанк. Предмет исследования – комплексные удобрения Мастер, Акварин, Ультрамаг бор, Ультрамаг кальций.

Опытный участок заложен в 2014 г. Схема посадки 5,0 × 2,0 м (1000 деревьев на 1 га). Площадь насаждений – 0,3 га. Опыт двухфакторный. Учеты и наблюдения проведены на 6 типичных деревьях каждого сорта в соответствии с Программой и методикой сортозучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [10], повторность трехкратная.

Площадь листьев определяли весовым методом на основе методики А.С. Овсянникова методом промеров [11]. Листья отбирали из средней части кроны дерева для каждого сорта по 10 штук в трехкратной повторности. Данные по длине (D_{cp}) и ширине ($Ш_{cp}$) листовой пластинки применяли для определения переводного коэффициента и вычисления площади листовой пластинки. Площадь измеренных листьев (S) рассчитывали по формуле

$$S = D_{cp} \cdot Ш_{cp} \cdot K,$$

где K – переводной коэффициент для каждого сорта, который рассчитывается по формуле $K = S_{л} / S_{кв}$. Здесь $S_{л}$ – площадь листа дерева; $S_{кв}$ – площадь квадрата бумаги.

В итоге определяли среднюю площадь листьев в расчете на 1 дерево и на 1 га сада.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт заложен на орошающем участке плодового сада Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», расположенного во втором агроклиматическом районе Астраханской области, близкого по условиям к полупустыням. Почвы опытного участка типичны для зоны, светло-каштановые, карбонатные, мощные и среднемощные, легкосуглинистого состава. Почвообразующие породы – лессовидные легкие суглинки, которые с глубины 85–100 см подстилаются песком. В пахотном слое содержание частиц физической глины составляет 21,2%, а на наиболее активную илистую фракцию приходится 16,4% [13–15].

Агрохимические анализы почвы свидетельствуют о сильно выраженным низком естественном плодородии [16]. Мощность

гумусового слоя составляет 48–62 см. В пахотном слое содержание гумуса низкое – 0,92–1,05 %. Обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором низкая, а обменным калием – повышенная (табл. 1).

Таблица 1

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

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

Почвы опытного участка незасоленные. Наиболее опасные токсичные щелочные соли содержатся в допустимых пределах – 0,04–0,21 мг-экв/100 г почвы. Вредных нейтральных солей мало – 0,28–1,31 мг-экв/100 г почвы, в том числе хлоридов – 0,04–0,25 мг-экв/100 г почвы. Реакция почвенной среды по всему профилю средне- и сильнощелочная (рН – 8,0–8,6). Грунтовые воды залегают ниже 3,5 м.

В результате исследований установлено, что обработка сортов сливы водорастворимыми минеральными удобрениями, содержащими доступные макро- и микроэлементы, способствовала увеличению ассимиляционной поверхности, что сопровождается повышением продуктивности растений [17, 18]. Факторный анализ показал, что действие фактора А (выбор сорта) проявилось по всем сортам в опыте. При $HCP_{05} = 49,3 \text{ м}^2$ по фактору А по площади листьев, сформированной на 1 га, отмечено преимущество у сорта

Кубанская ранняя (+1800 м²), несколько ниже этот показатель у сорта Бербанк (+1300 м²).

Действие фактора В (некорневое питание) на увеличение площади листьев по сравнению с контролем проявилось во всех вариантах. При $HCP_{05} = 41,6 \text{ м}^2$ математически доказанная прибавка увеличения площади листьев, сформированной на 1 га, получена при совместном применении препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций (+1257 м²), а также в варианте с применением биостимулятора Акварин (+986 м²). Минимальное увеличение площади листовой поверхности относительно контроля отмечено в варианте с применением препаратов Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций (+771 м²) [3]. В результате исследований установлено, что применение некорневых обработок в большинстве случаев позволило существенно увеличить площадь листовой пластиинки (табл. 2).

Таблица 2

Действие некорневых обработок на площадь листовой поверхности сортов сливы
(среднее за 2019–2021 гг.)

Effect of foliar treatments on the leaf surface area of plum varieties, the average for 2019–2021

Сорт (фактор А)	Вариант опыта (фактор В)					Среднее по фактору А
	контроль	Мастер	Акварин	Ультрамаг бор+Ультрамаг кальций	Акварин + Ультрамаг бор + Ультрамаг кальций	
Кубанская ранняя	1700	2300	3400	2500	3500	2680
Ренклод Альтана	2400	3400	3100	3200	3200	3060
Бербанк	2400	3000	3400	2900	3700	3080
Среднее по фактору В	2414	3214	3400	3185	3671	3177
$HCP_{05} \text{ A} = 49,3$ $HCP_{05} \text{ B} = 41,6$ $HCP_{05} \text{ AB} = 26,3$						

Наиболее существенное увеличение площади листа относительно контрольного варианта обеспечили подкормки с применением препаратов Акварин, Ультрамаг бор со-

вместно с Ультрамаг кальций: у сорта сливы Кубанская ранняя – 19,0 %, у сорта Ренклод Альтана – 32,5, у сорта Бербанк – 8,3 % (табл. 3).

Таблица 3

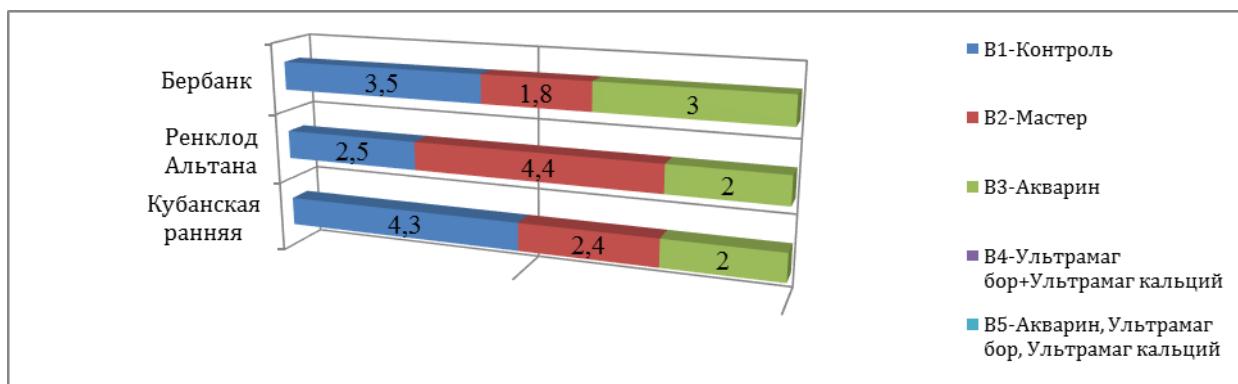
**Действие некорневых подкормок на параметры листовой поверхности деревьев сливы
(среднее за 2019–2021 гг.)**

Influence of foliar fertilizing on the parameters of the leaf surface of plum trees, the average for 2019–2021

Вариант	Площадь листа, см ²	Площадь листьев 1 дерева, м ²	Прибавка к контролю		Площадь листьев на 1 га	
			площадь листа, см ²	листовая поверхность, м ²	м ²	± к контролю, %
<i>Кубанская ранняя</i>						
Контроль	32,1	1,7	-	-	1700	-
Мастер	34,3	2,3	+2,1	+0,6	2300	+35,2
Акварин	32,9	3,4	+0,8	+1,7	3400	+100,0
Ультрамаг бор +Ультрамаг кальций	33,1	2,5	+1,0	+0,8	2500	+47,0
Акварин+ Ультрамаг бор + Ультрамаг кальций	38,2	3,5	+6,1	+1,8	3500	+105,8
<i>Ренклод Альтана</i>						
Контроль	24,3	2,4	-	-	2400	-
Мастер	27,3	3,4	+3,0	+1,0	3400	+41,6
Акварин	28,7	3,1	+4,4	+0,7	3100	+29,2
Ультрамаг бор +Ультрамаг кальций	26,5	3,2	+2,0	+0,8	3200	+33,3
Акварин+ Ультрамаг бор + Ультрамаг кальций	32,2	3,2	+7,9	+0,8	3200	+33,3
<i>Бербанк</i>						
Контроль	42,3	2,4	-	-	2400	-
Мастер	44,1	3,0	+1,8	+0,6	3000	+25,0
Акварин	44,6	3,4	+2,3	+1,0	3400	+41,6
Ультрамаг бор +Ультрамаг кальций	45,2	2,9	+2,9	+0,5	2900	+20,8
Акварин+ Ультрамаг бор + Ультрамаг кальций	45,8	3,7	+3,5	+1,3	3700	+54,1
HCP ₀₅ A					49,3	
HCP ₀₅ B					41,6	
HCP ₀₅ AB					26,3	

Наибольшей площадью листьев 1 дерева характеризовался вариант с совместным применением препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций у сортов Кубанская ранняя и Бербанк. У сорта Кубанская ранняя она возросла на 105,8 % и составила 3,5 м²,

у сорта Бербанк – на 54,2 % и составила 3,7 м² [3, 17, 18]. В варианте с применением препарата Мастер наибольшей площадью листьев, сформированной на 1 га, относительно контроля, отличался сорт Ренклод Альтана – 41,6 % (рисунок).

Параметры листовой поверхности деревьев сливы, м²Parameters of the leaf surface of plum trees, m²

В варианте с применением некорневых подкормок препаратом Акварин наибольшая прибавка к контролю получена у сорта Кубанская ранняя (100,0 %); Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций – у сорта Кубанская ранняя (47,0 %); Акварин, Ультрамаг бор совместно с Ультрамаг кальций – у сорта Кубанская ранняя (105,0 %).

ВЫВОДЫ

1. Существенное увеличение площади листа относительно контрольного варианта

обеспечило совместное действие препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций – 8,3–32,5 % в зависимости от сорта.

2. Математически доказанная прибавка увеличения площади листьев, сформированной на 1 га, получена при совместном применении препаратов Акварин, Ультрамаг бор и Ультрамаг кальций – по отношению к контролю плюс 1257 м².

3. Наиболее отзывчивым на применение изучаемых препаратов являлся сорт Кубанская ранняя, у которого площадь листьев 1 дерева относительно контроля увеличилась на 1,8 м² (105,8%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роева Т.А., Ветрова Т.А. Влияние минеральных удобрений на биохимический состав и качество плодов // Современное садоводство. – 2019. – С. 48–69.
2. Шамаева И.З. Биохимические особенности сортов сливы домашней в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики // Центральный научный вестник. – 2018. – № 8. – С. 34–36.
3. Александрова Т.И. Роль минерального питания в реализации потенциала продуктивности сортов сливы в острозасушливых условиях Северного Прикаспия: дис. ... канд. с.-х. наук. – Мичуринск, 2022. – 148 с.
4. Зволинский В.П. Почвенные и растительные ресурсы, их изменения в результате сельскохозяйственного использования // Агроэкология и земледелие Северного Прикаспия. – 1992. – Т. 1. – С. 15–16.
5. Зволинский В.П., Лавелина Т.П., Батовская Е.К. Климатические параметры севера Астраханской области // Повышение эффективности сельскохозяйственного производства юга России: сб. науч. тр. – М.: Вестн. РАСХН, 2008. – С. 13–18.
6. Малыченко В.В. Лучшие сорта плодовых культур // Волжский сад: лучшие сорта плодовых культур. – Волгоград, 2015.
7. Ноздрачева Р.Г., Кальченко Е.Ю. Оценка некоторых сорт-подвойных комбинаций сливы // Глинковские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию факультета агрономии, агрохимии и экологии, 22–24 апр. 2013 г. – Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2013. – Ч. 2. – С. 55–60.
8. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество картофеля / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, Н.В. Гаврилец, А.В. Пастухова, И.В. Кархардин, О.Н. Колбина // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2. – С. 62–72. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-59-2-62-72>.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во Всерос. НИИ селекции плодовых культур, 1999. – С. 46–47.
10. Овсянников А.С. Методика определения листовой поверхности у плодовых растений. – М., 1985. – 30 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1985. – 351 с.
12. Александрова Т.И. Влияние некорневого минерального питания на биометрические показатели сортов сливы домашней в острозасушливых условиях Северного Прикаспия // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3 (59). – С. 59–63. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49533988>.
13. Гурьянова Ю.В. Повышение зимостойкости и продуктивности яблони регулированием устойчивости покоя органическим и минеральным питанием: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Мичуринск, 2015. – 350 с.
14. Кузин А.И. Оптимизация системы удобрения яблони в интенсивных садах ЦЧР: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Мичуринск, 2018. – 452 с.
15. Комплексная оценка сортов сливы в условиях интенсивного сада Северного Прикаспия / А.В. Солонкин, В.П. Зволинский, Е.Н. Иваненко, Т.И. Александрова // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2019. – № 4. – С. 35–39.
16. Wirkung der Mineralstoff versorgung auf die photosynthetische Aktivität von Apfelblättern unter den Bedingungen der Zentralen Schwarzerderegion Russlands / A.I. Kuzin, Y.W. Trunov, E.M. Tsukanova, N.S. Vyazmikina // Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzenbestände unter den Bedingungen der Klimaerwärmung: Internationale wissenschaftliche Konferenz am 18 und 19 Oktober 2012 in Bernburg-Strenzfeld. – Wirmachendruck GmbH, Backhang, 2014. – S. 59–64.
17. Гусейнова Б.М., Даудова Т.И. Влияние сортовых особенностей и природных факторов зон выращивания абрикосов на биохимический комплекс плодов // Вестник НГАУ. – 2018. – № 3 (48). – С. 7–16. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-7-16>.
18. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение засухоустойчивости летних сортов яблони // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 2. – С. 31–33. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10208.

REFERENCES

1. Roeva T.A., Vetrova T.A., *Sovremennoe sadovodstvo*, 2019, pp. 48–69. (In Russ.)
2. Shamaeva I.Z., *Tsentral'nyy nauchnyy vestnik*, 2018, No. 8, pp. 34–36. (In Russ.)
3. Alexandrova T.I., *Rol'mineral'nogo pitaniya v realizatsii potentsiala produktivnosti sortov slivy v ostrozasushlivykh usloviyakh Severnogo Prikasiya* (The role of mineral nutrition in realizing the potential of productivity syllable varieties in the most commonly used styles of the third appendix), Candidates thesis, Michurinsk, 2022, 148 p.
4. Zvolinsky V.P., *Agroekologiya i zemledelie Severnogo Prikasiya*, 1992, Vol. 1, pp. 15–16. (In Russ.)
5. Zvolinsky V.P., Lavelina T.P., Batovskaya Or.K., *Povyshenie effektivnosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva yuga Rossii* (Increasing the efficiency of agricultural production in the south of Russia), Collection of scientific tr., Moscow: Vestnik RASKhN, 2008, pp. 13–18. (In Russ.)
6. Malyshenko V.S., *Volzhskiy sad: luchshie sorta plodovykh kul'tur*, Volgograd, 2015. (In Russ.)
7. Nozdracheva R.D., Kalchenko Or.Yu., *Glinkovskie chteniya* (Glinovsky words), Materials of the intermediate sum.- practical conference, accumulated 100th anniversary of Agronomic, agro-chemical and Ecological, April 22–24, 2013, Voronezh: Voronezh State University, 2013, Part 2, pp. 55–60. (In Russ.)
8. Petrov A.F., Galeev R.R. Gavrillets N.S., Pastukhova A.S. Karkhardin I.S. Kolbina O.N., *Vestnik NGAU*, 2021, Vol. 2 (59), pp. 62–72, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-59-2-62-72>. (In Russ.)
9. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* (Program and methods of sorting fruit, berry and nut crops), edited by the Academy of RASKhN

- or.N. Sedov, Doctor of Agricultural Sciences T.P. Ogolskaya, Orel: Publishing House of the All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1999, pp. 46–47.
10. Ovsyannikov A.S., *Metodika opredeleniya listovoy poverkhnosti u plodovykh rasteniy* (Methodology for determining leaf dependence in fruit plants), Moscow, 1985, 30 p.
 11. Daspekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field opyat), Moscow, 1985, 351 p.
 12. Alexandrova T.I., *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2022, No. 3 (59), pp. 59–63, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49533988>. (In Russ.)
 13. Guryanova, Yu.S. *Povyshenie zimostoykosti i produktivnosti yabloni regulirovaniem ustoychivosti pokoya organiceskim i mineral'nym pitaniem* (The increase in winter and fertility of the apple tree is regulated by the installation of organic and mineral nutrition), Doctors thesis, Michurinsk, 2015, 350 p.
 14. Kuzen A.I., *Optimizatsiya sistemy udobreniya yabloni v intensivnykh sadakh TsChR* (Optimization of apple tree fertilization systems in intensive TSHR gardens), Doctors thesis, Michurinsk, 2018, 452 p.
 15. Solonkin A.S., Zvolinsky V.P., Ivanenko Or.N., Alexandrova T.I., *Teoreticheskie i prikladnye problemmy APK*, 2019, No. 4, pp. 35–39. (In Russ.)
 16. Kuzin, A.I., Trunov Y.W., Tsukanova E.M., Vyazmikina N.S., Wirkung der Mineralstoffversorgung auf die photosynthetische Aktivität von Apfelblättern unter den Bedingungen der Zentralen Schwarzerderegion Russlands, *Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzenbestände unter den Bedingungen der Klimaerwärmung*, Internationale wissenschaftliche Konferenz am 18 und 19 Oktober 2012 in Bernburg-Strenzfeld, Wirmachendruck GmbH, Backhang, 2014, pp. 59–64. (In Russ.)
 17. Huseynova B.M., Daudova T.I., *Vestnik NGAU*, 2018, No. 48 (3), pp. 7–16, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-7-16>. (In Russ.)
 18. Necklace Z.Or., Krasova N.D., Galasheva A.M., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, Vol. 33, No. 2, pp. 31–33, DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10208. (In Russ.)

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ФЕСТУЛОЛИУМА В СМЕСИ С ЛЮЦЕРНОЙ НА КОРМОВЫЕ ЦЕЛИ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.Ю. Бакшаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.И. Кашеваров, академик РАН

И.Л. Жданова, младший научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: bakshaevd@mail.ru

Ключевые слова: фестулолиум, люцерна, смеси, способ посева, удобрения, выживаемость, урожайность.

Реферат. Фестулолиум – перспективная, но малоизученная кормовая культура. Установлено, что в год закладки травостоя у фестулолиума в смесях по сравнению с одновидовым посевом увеличилась на 6–11% высота растений, но уменьшилось с 3 до 2 количество побегов на растении и на 20% длина корня. Выживаемость растений после зимовки в зависимости от года посева составила 84,9–97,4%. У люцерны в смесях выживаемость снизилась до 46–92% и была минимальна при посеве смесью семян – 46–84%. На это повлияло снижение запасных питательных веществ – сахаров в корнях растений, содержание которых уменьшилось на 26% с 5,14 до 3,77%. При посеве с чередованием 1–3 рядов фестулолиума и 1 ряда люцерны не наблюдалось положительного эффекта. Внесение азота в дозе 30 кг д.в/га повысило эффективность черезрядного посева и посева смесью семян на 21% за счёт положительной отзывчивости компонентов на удобрение. Увеличение дозы азота до 60 кг/га отрицательно подействовало на люцерну, снижая её долю в травостое к третьему году пользования до 7% за счёт вытеснения более отзывчивым на азот фестулолиумом. При уменьшении доли злакового компонента и увеличении доли бобового с чередованием рядов 1 : 3 эффективность посевов возрастает. Урожайность составила 35,7–42,7 т/га зелёной массы, что выше, чем у одновидового посева фестулолиума, на 19–53%. Прибавка обусловлена увеличением облиственности растений люцерны до 46–49% (при 44% в контроле) за счёт оптимизации ярусности в травостое. Внесение азота в дозе 30 кг д.в/га способствует увеличению урожайности на 14% (0,43–5,0 т/га) за счёт возросшей доли злакового компонента в смеси, увеличения количества побегов на растении на 11,1% и их массы на 12,5–17,8%. Внесение N_{60} в совместных посевах фестулолиума и люцерны нецелесообразно, поскольку не даёт существенной прибавки урожая и не окупает понесённые затраты.

CULTIVATION OF FESTULOLIUM MIXED WITH ALFALFA FOR FORAGE PURPOSES IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

D.Y. Bakshaev, PhD in Agricultural Sciences

N.I. Kashevarov, Academician of the Russian Academy of Sciences

I.L. Zhdanova, junior research assistant

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk Region, Russia

E-mail: bakshaevd@mail.ru

Keywords: festulolium, alfalfa, mixtures, sowing method, fertilisers, survival rate, productivity.

Abstract. Festulolium is a promising but little-studied fodder crop. The authors found that in the year of laying the herbage of Festulolium in mixtures, the height of plants increased by 6–11% compared with single-species sowing. However, the number of shoots per plant decreased from 3 to 2, and the root length decreased by 20%. The survival rate of plants was 84.9–97.4% after winter, depending on the year of sowing. Survival decreased to 46–92% for alfalfa in mixtures, and it was as low as 46–84% when sown with mixture seeds. This was affected by a decrease in reserve nutrients – sugars in the roots of plants. The sugar content decreased by 26%, from 5.14% to 3.77%. No positive effect was observed when sowing with alternating 1–3 rows of festulolium and 1 row of alfalfa. The introduction of nitrogen at a dose of 30 kg a.i. (active ingredient)/ha increased the efficiency of skip-row planting and sowing with a mixture of seeds by 21% due to the positive responsiveness of the components to fertiliser. An increase in the nitrogen dose to 60 kg/ha harmed alfalfa, reducing its share in the herbage to 7% by the third year of use. This decrease was due to the displacement of the more nitrogen-responsive

festulolium. The efficiency of crops increases with a reduction in the share of the cereal component and an increase in the percentage of legumes with an alternation of rows of 1:3. The yield was 35.7–42.7 t/ha of green mass, which is higher than that of the single-species sowing of festulolium by 19–53%. The increase is due to an increase in the leaf coverage of alfalfa plants up to 46–49% (against 44% in control) due to the optimisation of layering in the herbage. The introduction of nitrogen at a dose of 30 kg/ha contributes to an increase in yield by 14% (0.43–5.0 t/ha) due to the increased share of the cereal component in the mixture, an increase in the number of shoots on the plant by 11.1% and their mass by 12.5–17.8%. The introduction of N_{60} in the joint crops of festulolium and alfalfa is not advisable since it does not give a significant increase in yield and does not pay off the costs incurred.

Использование фестулолиума в кормопроизводстве Западной Сибири представляет определённый интерес, поскольку культура эта новая для региона, недостаточно изученная, но перспективная. Преимущества его перед традиционно возделываемыми – кострецом, овсяницей и райграсом заключаются в высокой зимостойкости, отавности, питательности. По совокупности показателей он способен удовлетворить высокие запросы производства при создании высококачественной кормовой базы [1–4]. За счёт высокой кустистости и способности образовывать большое количество высокооблиственных побегов сено, приготовленное с таких травостоев, имеет зелёный цвет и приятный запах, что благоприятно оказывается на поедании его животными и молочной продуктивности коров. Равномерное поступление зелёной массы в течение сезона позволяет заготавливать различные виды кормов, проводить выпас животных [5–13].

Совместные посевы фестулолиума и бобовых многолетних трав достаточно широко изучены и освещены в специальной литературе. Однако для условий Западной Сибири таких данных нет, исследования проводятся впервые. Между тем результаты опытов, проведённых в европейской части России и за рубежом, говорят о перспективности таких посевов.

По данным С.Т. Эседуллаева [14], однovidовой посев фестулолиума в 1,2–1,3 раза более продуктивен, чем клеверо-тимофеевная смесь, в травосмесях с фестулолиумом полученная зелёная масса отличалась высокой питательностью и сбалансированностью по белку и углеводам, содержание переваримого протеина и сахара находилось в пределах физиологической нормы или превышало её, что нельзя сказать о традиционных травах. Повышенное содержание сахаров в сухом веществе (11–19%) характерно во все фазы развития фестулолиума. Начиная с окончания фазы выхода в трубку – начала колошения он превосходил традиционные виды злаковых трав в 1,5–1,7 раза, в фазу колошения – в 1,8–2,2, цветения – в 2,1–2,7 раза [15–19].

При выращивании на относительно невысоком фоне азотных удобрений (до 50 кг азота на 1 га под укос) растения фестулолиума первого укоса, даже убранные в фазу выхода в трубку, относятся к группе легкосилосующихся растений. По этой причине они вполне успешно могут быть засилосованы при содержании сухого вещества около 25 %, при котором в основном устраняются потери питательных веществ с вытекающим силосным соком [20].

Таким образом, обзор литературы показывает необходимость разработки мер по изучению способов посева, норм высева и выбору бобового компонента для совместных посевов с фестулолиумом, определения оптимальных норм внесения стартовой дозы азота.

Цель исследований – разработка приёмов возделывания одновидовых и смешанных посевов фестулолиума сорта Изумрудный с люцерной на кормовые цели в условиях лесостепи Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на стационаре СибНИИ кормов СФНЦА РАН, расположенному в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый, содержание гумуса в слое 0–20 см 6 %. Относительно хорошо почва обеспечена подвижными формами фосфора: в слое 0–20 см – 22–27 мг/100 г почвы, в слое 20–40 см – 18,5–26,2 мг/100 г почвы и обменного калия: 21,4–32,4 и 13,94–17,54 мг/100 г почвы соответственно. Реакция почвенного раствора (рН) – 7,4.

По климатическим ресурсам это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков составляет 350–450 мм, из них 254 мм – в теплый период года (апрель – сентябрь), за июнь – август выпадает 113–130 мм. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) составляет 1,0–1,2. Самый холодный месяц – январь со средне-

суточной температурой $-19,4^{\circ}\text{C}$, самый жаркий – июль со средней температурой $18,4^{\circ}\text{C}$. Сумма положительных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ в среднем составляет 1880°C с отклонениями по годам от 1500 до 2250°C . Весенние заморозки в воздухе возможны до 20 мая, на почве – до 17 июня. Начало осенних заморозков приходится на конец августа.

По количеству осадков 2019 г. можно охарактеризовать как близкий к климатической норме для места проведения исследований (ГТК май–сентябрь – 1,15) с небольшим превышением их количества в мае и июле и недостатком в июне и августе. По показателю температуры в июне–июле было на 0,5 и $0,2^{\circ}\text{C}$ холоднее нормы, в августе–сентябре, напротив, на 2,2 и $1,0^{\circ}\text{C}$ теплее, что благоприятно отразилось на окончании вегетации растениями.

В 2020 г. условия можно охарактеризовать (по обобщенному показателю ГТК май–сентябрь – 1,29) как близкие к климатической норме для места проведения исследований, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК – 0,4) и во второй декаде июля (ГТК – 0,6). По показателю температуры воздуха вегетационный период был с превышением среднемноголетних норм в мае, июле, августе и сентябре соответственно на 4,6; 0,3; 2,4 и $2,1^{\circ}\text{C}$.

Вегетационный период 2021 г. можно охарактеризовать как близкий к климатической норме для места проведения исследований (ГТК май–сентябрь – 1,0), но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в мае (ГТК – 0,56) и июле (ГТК – 0,36) и с избытком в июне (ГТК – 1,49), августе (ГТК – 1,2) и сентябре (ГТК – 1,44). По показателю температуры воздуха вегетационный период отличался с превышением среднемноголетних норм в мае и августе соответственно на 3,5 и $1,7^{\circ}\text{C}$.

За вегетационный период 2022 г. сумма выпавших осадков составила 130 мм (ГТК за май–сентябрь – 0,6), что характеризует период как недостаточно увлажнённый. Осадки распределялись неравномерно. В мае выпало 2,5 мм осадков (7 % от среднемноголетнего значения), в июне – 59 мм (107 %), в июле – 29 мм (47 %), в августе – 23 мм (34 %). В летние месяцы среднесуточная температура воздуха была на уровне среднемноголетнего значения и только в мае выше на $4,3^{\circ}\text{C}$.

Схема опыта:

Фактор А – способы посева:

фестуолиум (контроль);

люцерна;

фестуолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд;

фестуолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд; фестуолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд; фестуолиум + люцерна (посев смесью семян);

Фактор Б – азотные удобрения:

без удобрений (контроль):

внесение N_{30} ;

внесение N_{60} .

Повторность опытов – четырехкратная.

Расположение вариантов – систематическое. Посевная и учётная площадь делянок – 36 m^2 . Посевы производились во второй декаде июля.

Используемые в опыте сорта трав – фестуолиум Изумрудный, люцерна Вега 87.

Перед посевом опыта отбирали пробы почвы для определения влажности и содержания нитратного азота. Посев опыта проводили сеялкой СН-16. Глубина заделки семян – 2–3 см. Нормы высева фестуолиума: 16 кг/га, или 8 млн всхожих семян на 1 га в одновидовом посеве; в смеси при черезрядном посеве – 4 кг/га, или 2 млн всхожих семян на 1 га; в смешанном посеве – 8 кг/га, или 4 млн всхожих семян на 1 га. Нормы высева люцерны: 12 кг/га, или 6 млн всхожих семян на 1 га в чистом виде; в смеси при черезрядном посеве – 9 кг/га, или 4,5 млн всхожих семян на 1 га; в смешанном посеве – 6 кг/га, или 3 млн всхожих семян на 1 га. Ширина между рядами – 15 см.

Основной метод исследований – полевые опыты и лабораторные анализы.

Перед посевом в 2018–2020 гг. проведено ранневесенне закрытие влаги в два следа зубовыми боронами БЗСС-1,0 по диагонали к основной обработке. Предпосевная культивация КПС-4,2 с боронованием и прикатыванием кольчатыми катками ЗККШ-6 проводилась непосредственно перед посевом для снижения потерь влаги.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2018–2019 гг. в период всходов трав стояла сухая погода, ощущался недостаток влаги в почве. Для всходов фестуолиума с мочковатой корневой системой это был негативный фактор, что значительно снизило густоту растений на 1 m^2 (табл. 1). В 2020 г., напротив, сразу после посева отмечено выпадение 44,3 мм осадков (170% от среднемноголетней нормы), что положительно сказалось на укоренении растений фестуолиума. У люцерны же наблюдалось подгнивание корней и частичная гибель растений.

Таблица 1

Густота и выживаемость растений многолетних трав закладки 2018–2020 гг.
Plant density and survival rate of perennial grasses, bookmarking 2018–2020

Вариант	Перед уходом в зиму, шт/м ²		После перезимовки, шт/м ²		Выживаемость, %	
	злаки	бобовые	злаки	бобовые	злаки	бобовые
<i>Закладка 2018 г.</i>						
Фестулиум	156	-	152	-	97,4	-
Люцерна	-	82	-	75	-	91,5
Фестулиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	189	74	170	55	89,9	74,3
Фестулиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	196	70	183	45	93,4	64,3
Фестулиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	180	74	166	36	92,2	48,6
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	181	84	168	39	92,8	46,4
<i>Закладка 2019 г.</i>						
Фестулиум	352	-	310	-	88,3	-
Люцерна	-	146	-	93	-	64,3
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	254	193	215	124	84,9	64,3
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	271	184	231	89	85,3	48,6
<i>Закладка 2020 г.</i>						
Фестулиум	694	-	589	-	84,9	-
Люцерна	-	19	-	17	-	92,1
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	664	55	564	50	85,0	92,1
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	440	24	383	20	87,2	84,2

Благоприятное развитие растений в год посева влияет на перезимовку и выживаемость растений. Установлено, что в год закладки травостоя у фестулиума в смесях по сравнению с одновидовым посевом увеличилась на 6–11% высота растений, но уменьшилась с 3 до 2 количество побегов на растении и на 20% – длина корня. Это, однако, существенно не снизило его выживаемость, которая в зависимости от года посева составила 84,9–97,4%.

От содержания водорастворимых сахаров в корнях перед уходом в зиму зависит зимостойкость трав. Содержание сахаров максимально у злакового компонента (в посевах закладки 2018 г.): 7,11% при посеве в чистом виде и 7,94% – в смеси с люцерной. Это благоприятно отразилось на зимостойкости фестулиума.

У люцерны в смесях ухудшились все биометрические показатели: высота растений и количество побегов – на 19–28%, длина корня и его масса – на 35 и 83% соответственно. Содержание сахаров в корнях в смеси с фестулиумом уменьшилось с 5,14 до 3,77% (на 26%), что снизило защитные функции растений и выживаемость, которая составила в зависимости от года закладки травостоя 46–74; 48–64 и 84,2–92,1%.

В фазу колошения фестулиума и цветения люцерны проведён учёт урожайности зелёной массы многолетних трав. Установлено отсутствие эффекта совместных посевов без использования азотных удобрений. Изменения урожайности находятся либо в пределах ошибки опыта (черезрядный посев и смешанный), либо произошло достоверное её снижение (чередование рядов фестулиума с 2 и 3 рядами люцерны) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав по годам (закладка 2018 г.),
т/га зелёной массы

Productivity of single-species and mixed crops of perennial grasses by years (laying 2018), t/ha of green mass

Вариант	Год использования травостоя			В среднем
	1-й	2-й	3-й	
1	2	3	4	5
<i>Без удобрений</i>				
Фестулиум	34,50	24,69	6,11	21,76
Люцерна	25,10	32,00	20,01	25,70
Фестулиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	27,70	31,24	9,64	22,86
Фестулиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	27,20	20,52	9,80	19,17
Фестулиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	31,20	11,89	9,06	17,38

Окончание табл. 2

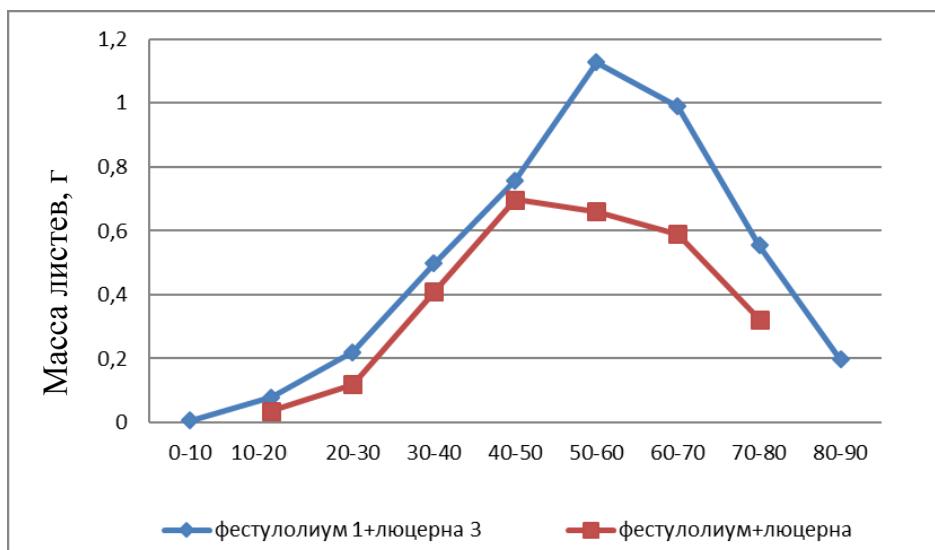
1	2	3	4	5
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	39,90	14,53	9,18	21,20
<i>Азот 30 кг д.в/га</i>				
Фестулолиум	35,00	35,39	11,01	27,13
Люцерна	24,00	42,81	25,64	30,81
Фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	36,00	50,53	12,17	32,9
Фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	33,60	22,18	13,28	23,02
Фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	40,30	16,17	13,11	23,19
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	42,00	42,83	13,04	32,62
<i>Азот 60 кг д.в/га</i>				
Фестулолиум	39,50	55,07	19,12	37,89
Люцерна	26,60	50,51	16,52	31,21
Фестулолиум 1 ряд + люцерна 1 ряд	23,10	44,85	16,66	28,20
Фестулолиум 2 ряда + люцерна 1 ряд	38,90	54,22	17,15	36,75
Фестулолиум 3 ряда + люцерна 1 ряд	35,80	37,02	17,04	29,95
Фестулолиум + люцерна (смешанный посев)	34,10	38,59	17,21	29,96
НСР ₀₅ смеси удобрения	1,54 1,20			

Внесение азота в дозе 30 кг/га достоверно увеличило урожайность смесей фестулолиума с люцерной в вариантах черезрядного посева и посева смесью семян, главным образом за счёт возросшей доли злакового компонента в смеси и увеличения его массы на 27–62%. Урожайность повысилась на 5,49–5,77 т/га в сравнении с контролем – удобренным фестулолиумом.

Увеличение дозы внесённого азота до 60 кг/га на фестулолиуме достоверно повысило его урожайность – на 16,13 т/га зелёной массы (74,1%) по сравнению с неудобренным фоном, но снизило урожайность в смесях за счёт полного вытеснения из травостоя люцерны: если в первый год пользования травостоями весовая доля люцерны в урожае составляла 4%, во второй – 27–78% в первом укосе и 18–88% – во втором, то на третьем году пользования – всего 7%.

Отсутствие положительного эффекта смесей с выбранным соотношением компонентов привело нас к решению уменьшить долю доминирующего в травостое фестулолиума и увеличить долю люцерны. Для этого в схеме опыта варианты с чередованием рядов заменены на «фестулолиум 1 ряд+люцерна 3 ряда» и «посев смесью семян» (табл. 3).

За три года использования травостоя многолетних трав по двум закладкам во времени установлено, что посев с чередованием рядов фестулолиума с люцерной 1 : 3 позволят повысить урожайность по сравнению с одновидовым посевом фестулолиума на 14,86 т/га зелёной массы (53%), а по сравнению с посевом смесью семян – на 7,0 т/га (19%). Прибавка получена за счёт увеличения массы листьев у растений люцерны на 56% (с 2,8 до 4,4 г) за счёт улучшения ярусности травостоя (рисунок).



Облиственность растений люцерны в смесях с фестулолиумом по ярусам
Leafiness of alfalfa plants in mixtures with festulolium by tiers

Таблица 3

Урожайность многолетних трав в зависимости от года использования травостоя и внесения минерального азота (в среднем по закладкам 2019–2020 гг.), т/га зелёной массы
Productivity of perennial grasses depending on the year of use of the herbage and the introduction of mineral nitrogen (average for laying 2019–2020), t/ha of green mass

Вариант	Год использования травостоя			В среднем
	1-й	2-й	3-й*	
<i>Без удобрений</i>				
Фестулиум	36,06	27,50	20,05	27,87
Люцерна	35,64	44,54	54,70	44,96
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	35,96	46,70	45,55	42,73
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	34,46	32,43	40,28	35,72
<i>Азот 30 кг д.в/га</i>				
Фестулиум	41,55	28,72	23,12	31,13
Люцерна	41,49	45,76	49,10	45,45
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	45,33	38,45	45,70	43,16
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	35,33	33,91	52,95	40,73
<i>Азот 30 кг д.в/га</i>				
Фестулиум	48,45	33,22	25,82	35,83
Люцерна	43,05	43,93	48,80	45,26
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	40,95	44,94	41,35	42,41
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	47,76	32,98	38,57	39,77
НСР ₀₅ смеси удобрения	1,87 2,12			

* Данные по закладке 2019 г.

Внесение азота в дозе 30 кг д.в/га увеличило урожайность одновидового посева фестулиума на 11,7% – до 31,13 т/га, в смеси с фестулиумом при чередовании рядов – на 38%, т. е. до 43,16 т/га, и при посеве смесью семян – на 30%, до 40,73 т/га. Прибавка достигнута за счёт возросшей доли злакового компонента в смеси и увеличения количества побегов на растении на 11,1% и массы побега на 12,5–17,8%.

Увеличение дозы вносимого азота до 60 кг д.в/га не дало существенной прибавки, а наоборот даже уменьшило урожайность по сравнению с дозой внесения 30 кг/га. При

этом экономическая эффективность возделывания снизилась на 3% – до 88292 руб/га.

Отсутствие эффекта от удобрений в дозе 60 кг д.в/га объясняется потреблением азота в основном злаковым компонентом, величина которого зависит от его доли в травостое. Анализ почвы после проведения укоса показал минимальное содержание нитратного азота в одновидовом посеве фестулиума – 2,6–8,7 мг/кг. При чередовании рядов в посеве «фестулиум 1 + люцерна 3» содержание азота составило 4,9–8,7 мг/кг и снижалось до 3,9–7,2 мг/кг при увеличении доли злака до 50% в смешанном посеве (табл. 4).

Таблица 4

Содержание нитратного азота в слое почвы 0–20 см перед укосом, мг/кг
The nitrate nitrogen content in the soil layer is 0–20 cm before mowing, mg/kg

Вариант	Доза внесённого азота, кг д.в/га		
	0	30	60
Фестулиум	2,6	3,8	8,7
Люцерна	7,8	8,1	9,6
Фестулиум 1 ряд + люцерна 3 ряда	4,9	7,2	8,7
Фестулиум + люцерна (смешанный посев)	3,9	5,9	7,2

Таким образом, по проведённым исследованиям доказана целесообразность внесения «стартовой» дозы азота (30 кг д.в/га) на травостой фестулиума с люцерной при посеве смесью семян и с чередованием рядов злакового и бобового компонентов 1 : 1 и 1 : 3. Увеличение сбора зелёной массы составило 27–62%.

ВЫВОДЫ

1. Установлена эффективность совместного посева фестулиума с люцерной при чередованием рядов 1 : 3 и посева смесью семян. При этом урожайность составила

35,7–42,7 т/га, что выше, чем у одновидового посева фестулиума, на 19–53%. Прибавка обусловлена за счёт увеличения облиственности растений люцерны до 46–49% (при 44% в контроле) за счёт улучшения ярусности в травостое.

2. Внесение азота в дозе 30 кг д.в/га способствует увеличению урожайности до 14% – на 0,43–5,0 т/га за счёт возросшей доли злакового компонента в смеси, увеличения количества побегов на растении на 11,1% а их массы на 12,5–17,8%.

3. Внесение N_{60} на совместных посевах фестулиума и люцерны нецелесообразно, поскольку не даёт существенной прибавки урожая и не окупает понесённые затраты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безгодов А.В., Беляев А.В., Пономарёв А.Б. Новые виды и сорта многолетних злаковых трав на Среднем Урале для сенокосного и пастбищного использования // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2016. – № 4 (8). – С. 199–207.
2. Лукиных Г.Л. Отдаленная гибридизация в селекции многолетних злаковых трав // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 2. – С. 86–94.
3. Akgun I., Tosun M., Sengul S. Comparison of agronomic characters of *Festulolium*, *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium multiflorum* Lam. genotypes under high elevation conditions in Turkey // Bangladesh journal of botany. – 2008. – Vol. 37 (1). – P. 1–6.
4. Platace R., Adamovics A. Ligning and ash content correlations in grass biomass pel-lets // 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Albena, Bulgaria: Bulgarian Acad Sci. – 2014. – P. 331–338.
5. Образцов В.Н. Теоретические и практические основы возделывания фестулиума на корм и семена в лесостепи центрального Черноземья России: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2018. – 404 с.
6. Машьянов М.А., Ганичева В.В. Зависимость урожая травостоев от включенных в них видов луговых растений в почвенно-климатических условиях Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. – 2012. – № 1 (5). – С. 21–27.
7. Dierking R.M., Kallenbach R-L., Kerley M.S. Yield and Nutritive Value of ‘Spring Green’ *Festulolium* and ‘Jesup’ Endophyte-Free Tall Fescue Stockpiled for Winter Pasture // Crop science. – 2008. – Vol. 48 (6). – P. 2463–2469.
8. Kulik M. Effect of different factors on chemical composition of grass-legumes sward // Journal of elementology. – 2009. – Vol. 14 (1). – P. 91–99.
9. Nerusil P., Kohoutek A., Komarek P. Evolution of forage quality of selected grass species during the first harvest regrowth // 24th General Meeting of the European-Grassland-Federation. Lublin, Poland, Ministerstwo Rolnictwa Rozwoju Wsi. – 2012. – Vol. 17. – P. 379–381.
10. Ostrem L., Volden B., Steinshamn H. *Festulolium* fibre characteristics and digestibility as affected by maturity // Grass and forage science. – 2015. – Vol. 70 (2). – P. 341–352.
11. Sanderson M.A., Stout R., Brink G. Productivity, botanical composition, and nutritive value of commercial pasture mixtures // Agronomy journal. – 2016. – Vol. 108 (1). – P. 93–100.
12. Saroka A.V. Establishment and evaluation of the productivity of ryegrass-clover swards for grazing on Derno-Podzolic sandy loam soils in the Republic of Belarus // 24th General Meeting of the European-Grassland-Federation. Lublin, Poland, Ministerstwo Rolnictwa Rozwoju Wsi. – 2012. – Vol. 17. – P. 163–165.
13. Skladanka J., Adam V., Ryant P. Can *Festulolium*, *Dactylis glomerata* and *Arrhenatherum elatius* be used for extension of the autumn grazing season in Central Europe? // Plant soil and environment. – 2010. – Vol. 56 (10). – P. 488–498.

14. Эседуллаев С.Т. Сравнительная продуктивность и питательная ценность одновидовых и смешанных посевов фестулиума и традиционных многолетних трав на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья // Кормопроизводство. – 2018. – № 4. – С. 21–25.
15. Зотов А.А., Привалова К.Н. Злаковые и бобово-злаковые травостои на основе райграса пастбищного и фестулиума // Кормопроизводство: проблемы и пути решения / Всерос. НИИ кормов. – М., 2007. – С. 52–60.
16. Косолапов В.М. Комплексная сравнительная оценка химического состава и продуктивного действия фестулиума ВИК-90 // AFP. – 2012. – № 3 (11). – С. 26–28.
17. Сорокин А.В. Питательная ценность фестулиума сорта ВИК-90 в процессе вегетации в ЦЧР // Рациональное использование биоресурсов в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Владикавказ: ФГОУ ВПО Горский ГАУ, 2006. – С. 114–115.
18. Фокин И.В. Изменения химического состава фестулиума ВИК-90 в процессе вегетации на торфяниках Северо-Востока России // Кормопроизводство. – 2012. – № 2. – С. 18–19.
19. Pozdisek J., Loucka R., Machacova E. Digestibility and nutrition value of grass silages // Czech journal of animal science. – 2003. – Vol. 48 (9). – P. 359–364.
20. Возделывание и использование новой кормовой культуры – фестулиума – на корм и семена: методическое пособие / Н.И. Переправо, В.М. Косолапов, В.Э. Рябова [и др.]. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2012. – 28 с.

REFERENCES

1. Bezgodov A.V., Belyaev A.V., Ponomarev A.B., *Innovatsionnye tekhnologii v naуke i obrazovanii*, 2016, No. 4 (8), pp. 199–207 (In Russ).
2. Lukinykh G.L., *Vestnik KrasGAU*, 2007, No. 2, pp. 86–94 (In Russ).
3. Akgun I., Tosun M., Sengul S., Comparison of agronomic characters of *Festulolium*, *Festuca pratensis* Huds. and *lolium multiflorum* Lam. genotypes under high elevation conditions in Turkey, *Bangladesh journal of botany*, 2008, Vol. 37 (1), pp. 1–6.
4. Platace R., Adamovics A., Ligning and ash content correlations in grass biomass pel-lets, *14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference*: Albena, Bulgaria: Bulgarian Acad Sci, 2014, pp. 331–338.
5. Obraztsov V.N., *Teoreticheskie i prakticheskie osnovy vozdeliyaniya festuloliuma na korm i semena v lesostepi tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii* (Theoretical and practical bases of festulolium cultivation for fodder and seeds in the forest-steppe of the central Chernozem region of Russia), Doctors thesis, Voronezh: Voronezh State University, 2018, 404 p.
6. Mashyanov M.A., Ganicheva V.V., *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*, 2012, No. 1 (5), pp. 21–27 (In Russ).
7. Dierking R.M., Kallenbach R-L., Kerley M.S., Yield and Nutritive Value of ‘Spring Green’ Festuloli-um and ‘Jesup’ Endophyte-Free Tall Fescue Stockpiled for Winter Pasture, *Crop science*, 2008, Vol. 48 (6), pp. 2463–2469.
8. Kulik M., Effect of different factors on chemical composition of grass-legumes sward, *Journal of elementology*, 2009, Vol. 14 (1), pp. 91–99.
9. Nerusil P., Kohoutek A., Komarek P., Evolution of forage quality of selected grass species during the first harvest regrowth, *24th General Meeting of the European-Grassland-Federation*. Lublin, Poland, Ministerstwo Rolnictwa Rozwoju Wsi, 2012, Vol. 17, pp. 379–381.
10. Ostrem L., Volden B., Steinshamn H., Festulolium fibre characteristics and digestibility as affected by maturity, *Grass and forage science*, 2015, Vol. 70 (2), pp. 341–352.
11. Sanderson M.A., Stout R., Brink G., Productivity, botanical composition, and nutritive value of commercial pasture mixtures, *Agronomy journal*, 2016, Vol. 108 (1), pp. 93–100.
12. Saroka A.V., Establishment and evaluation of the productivity of ryegrass-clover swards for grazing on Derno-Podzolic sandy loam soils in the Republic of Belarus, *24th General Meeting of the European-Grassland-Federation*. Lublin, Poland, Ministerstwo Rolnictwa Rozwoju Wsi, 2012, Vol. 17, pp. 163–165.

13. Skladanka J., Adam V., Ryant P., Can Festulolium, Dactylis glomerata and Arrhenatherum elatius be used for extension of the autumn grazing season in Central Europe? *Plant soil and environment*, 2010, Vol. 56 (10), pp. 488–98.
14. Esedullaev S.T., *Kormoproizvodstvo*, 2018, No. 4, pp. 21–25 (In Russ).
15. Zотов А.А., Привалова К.Н., *Кормопроизводство: проблемы и пути решения*, Moscow, 2007, pp. 52–60 (In Russ).
16. Kosolapov B.M., *AFP*, 2012, No. 3 (11), pp. 26–28 (In Russ).
17. Sorokin A.V., *Ratsional'noe ispol'zovanie bioresursov v APK* (Rational use of bioresources in the agroindustrial complex), Materialy International scientific and practical conference, Vladikavkaz: FGOU VPO Gorsky GAU, 2006, pp. 114–115 (In Russ).
18. Fokin I.V., *Kormoproizvodstvo*, 2012, No. 2, pp. 18–19 (In Russ).
19. Pozdisek J., Loucka R., Machacova E., Digestibility and nutrition value of grass silages, *Czech journal of animal science*, 2003, Vol. 48 (9), pp. 359–364.
20. Perepravo N.I., Kosolapov V.M., Ryabova V.E., Zolotarev V.N. [i dr.], *Vozdelyvanie i ispol'zovanie novoy kormovoy kul'tury – festuloliuma – na korm i semena* (Cultivation and use of a new forage crop – festulolium – for feed and seeds), Moscow: Izd-vo RGAU – MSKhA, 2012, 28 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-21-28

УДК 635.751:631.531

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕМЯН *MYRRHIS ODORATA* (L.) SCOP. В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Ф. Бухаров, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Н.А. Еремина, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верея Московской обл., Россия

E-mail: afb56@mail.ru

Ключевые слова: *Myrrhis odorata*, семя, семенная продуктивность, эндосперм, зародыш.

Реферат. Исследования выполнены в 2018–2022 гг. в ОПХ «Быково» ВНИИ овощеводства – филиала ФГБНУ ФНЦО. Опытный участок расположен в Раменском районе Московской области в пойме реки Москвы. Объектом служила миризис душистая – представитель семейства Зонтичные (Umbelliferae). Род *Myrrhis* включает единственный вид *Myrrhis odorata* (L.) Scop. Плантация миризис была заложена в 2009 г. Размер делянки составляет 8 м², на ней располагается 20 растений из расчета 2,5шт/ м². Уход заключался в рыхлении, ручных прополках и 1–2 поливах. Уборку плодов проводили при наступлении первых заморозков. Семена убирали вручную и дозаривали 1,5–2 месяца после уборки. Измерения длины семени (с помощью штангенциркуля), эндосперма и зародыша (с помощью микроскопа и видеокуляра) осуществляли в четырех повторностях по 30 семян в каждой. Рассчитывали индексы $I_{\mathcal{E}/\mathcal{C}}$, $I_{\mathcal{E}/\mathcal{E}}$, $I_{\mathcal{E}/\mathcal{S}}$, показывающие соотношения этих показателей. Семенная продуктивность в зависимости от года составляла 13,6–27,3 г на растение, а расчетная урожайность 339,1–682,0 кг/га. Семена у миризис душистой имели достаточно крупный размер (16,75–22,23 мм), но содержали очень маленький зародыш (1,24–1,99 мм), который составлял всего 6–11% от длины семени и 7–13 % от эндосперма. По сравнению с другими представителями семейства зонтичные миризис душистая имеет одно из самых низких значений индекса $I_{\mathcal{E}/\mathcal{E}}$. По этому показателю ее семена следует отнести к последнему, пятому, классу. По-видимому, именно чрезвычайно маленький зародыш является одной из причин явления покоя, присущего семенам миризис душистой. У семян отмечено значительное проявление (10,0–73,3%) беззародышевости, одной из причин которой, по-видимому, является повреждение щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.).

PRODUCTIVITY AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *MYRRHIS ODORATA* (L.) SCOP SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE MOSCOW REGION

A.F. Bukharov, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher

N.A. Eremina, Junior Researcher

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Vegetable Growing”, Vereya, Moscow Region

E-mail: afb56@mail.ru

Keywords: *Myrrhis odorata*, seed, seed productivity, endosperm, embryo.

Abstract. The research was carried out in 2018 – 2022 at the Experimental Production Farm “Bykovo” All-Russian Research Institute of Vegetable Growing - a branch of the FSBSI “FSCVG” (Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Vegetable Growing”). The pilot site is located in the Ramenskoye district of the Moscow Region in the floodplain of the Moscow River. The object was Myrris scented, a representative of the Umbrella family (Umbelliferae). The genus *Myrrhis* includes the single species *Myrrhis odorata* (L.) SCOP. The *Myrrhis* plantation was laid out in 2009. The plot size is 8 m², on which 20 plants are located at the rate of 2.5 pcs. / m². Care consisted of loosening, manual weeding and 1-2 watering. Fruit harvesting was carried out at the onset of the first frost. The seeds were harvested by hand and matured 1.5 – 2 months after harvesting. The seed length (using a calliper), endosperm and embryo (using a microscope and a video eyepiece) were measured in four repetitions of 30 seeds each. The indices $I_{\mathcal{E}/\mathcal{S}}$ ($\text{Embryo}/\text{Seed}$), $I_{\mathcal{E}/\mathcal{E}}$ ($\text{Embryo}/\text{Endosperm}$) and $I_{\mathcal{E}/\mathcal{S}}$ ($\text{Endosperm}/\text{Seed}$) were calculated, showing the ratios of these indicators. Embryo/seed, Embryo /endosperm, and Endosperm/seed. Depending on the year, the seed productivity was 13.6 – 27.3 g/plant, and the estimated yield was 339.1 – 682.0

kg/hectare. The seeds of Myrris scented had a fairly large size (16.75 - 22.23 mm) but contained a tiny embryo (1.24 - 1.99 mm), which was only 6-11% of the seed length and 7-13% of the endosperm. In comparison with other representatives of the umbrella family, Myrris scented has one of the lowest values of the index $I_{E/E}$ (Embryo /Endosperm). According to this indicator, its seeds should be attributed to the last fifth class. It is a tiny embryo that is one of the reasons for the phenomenon of rest inherent in the sources of myrrh scented. Furthermore, the seeds have a large percentage (10.0 – 73.3) of the phenomenon of germ-free, one of the causes of which is damage to the striped shield (*Graphosoma lineatum* L.).

Миррис душистая – представитель семейства Зонтичные (Umbelliferae). Род *Myrrhis* включает единственный вид *Myrrhis odorata* (L.) Scop. [1]. Родовое название растение получило за то, что оно служило заменителем мирры, и в переводе с греческого означает горький, что связано с привкусом семян. В Европе миррис имеет многочисленные народные названия (что свидетельствует о широкой распространённости): испанский кервель, дикая петрушка, душистый бутень, пряный бутень, сладкий папоротник. В диком виде встречается в предгорных районах Южной Европы (Пиренеи, Альпы, Апеннины), а также на Кавказе и в Украине. Разводится повсеместно и легко дичает [2, 3].

Растение имеет приятный запах аниса. Плоды содержат до 0,9%, а листья – до 0,45 % эфирного масла, основным компонентом которого является анетол. Кроме того, обнаружены кумарины, флавоноиды, жирное масло, витамин С, каротин, сахара, глицирризин [4].

Миррис – пряность, овощ, декоративное и лекарственное растение. Листья, обладающие приятным сладким вкусом, в свежем виде служат приправой к овощным и фруктовым салатам. Зелень кладут в супы, компоты, кисели, чаи. Семена в измельченном виде добавляют в тесто для печенья, булочек, кексов, пирогов. Молодые корни могут быть частью овощного рагу из пастернака, сельдерея, цветной и брюссельской капусты. Считается, что использование травы на корм увеличивает удои и улучшает качество молока.

Благодаря присутствию анетола, растение обладает спазмолитическим действием и улучшает отделение мокроты при болезнях верхних дыхательных путей. Миррис издавна применяют как заменитель аниса, обладающий ветрогонным, мочегонным, регулирующим пищеварение, облегчающим боли при подагре действием. В европейской народной медицине применяют для лечения лихорадки, головокружения, сыпи, нарывов, язв [5].

Миррис – многолетнее травянистое растение. Стебли прямостоячие, 100–150 см высотой, цилиндрические, полые. Поверхность побегов ребристая, голая или коротко-волосистая. Листья треугольные, многократноперистые.

сторассечённые, 20–40 см длиной и 20–40 см шириной.

Соцветия – сложные зонтики 6–10 см в диаметре. Венчик цветка белый. Цветки раздельнополые. В центре соцветия располагается зонтик с женскими или обоеполыми цветками, а вокруг – мужские. Плоды распадаются на два равных мерикарпия линейно-ланцетной формы 15–25 мм длиной и 4–5 мм шириной, в зрелом состоянии тёмные, почти чёрные, блестящие, с пятью острыми ребрами. Ребра только первичные, все равные, прямые, килевидные [2, 3, 6].

Миррис – растение долговечное, может длительное время расти на одном месте. Поэтому предпочтительно сажать её куртиной по 2–3 растения на 1 м². Неприхотлива, уход состоит из рыхления, прополки и поливов (при необходимости). Удобрение предпочтительно органическое (перегной, торф, компост), вносят его весной в качестве мульчи. Поливают редко, при длительном отсутствии осадков. Семена, имея недоразвитый зародыш и длительный период покоя, могут прорости на второй год. При длительном выращивании на одном месте успешно размножается самосевом [2, 3].

Целью настоящей работы было изучение комплекса элементов семенной продуктивности и всесторонний анализ морфометрических параметров семян миррис душистой. В задачи исследований входило изучение степени изменчивости линейных размеров семени, эндосперма и зародыша, их соотношений (индексов) и корреляционных связей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в 2018–2022 гг. в ОПХ «Быково» ВНИИ овощеводства – филиала ФГБНУ ФНЦО. Опытный участок расположен в Раменском районе Московской области в пойме реки Москвы. Относится к южной лесной зоне европейской провинции в центральной части Русской равнины.

Почвы опытного участка относятся к типу аллювиальных луговых насыщенных

почв. Почва среднесуглинистая, окультуренная, влагоемкая, глубина пахотного слоя до 27 см. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя почвы 29,5–30,3%. Почва хорошо окультуренная, имеет высокий уровень естественного плодородия. Содержание гумуса в пахотном слое 3,1–3,2%, подвижного фосфора – 25,0–27,0, калия – 10,0–15,0 мг/100 г. Гидролитическая кислотность 0,7–1,2, сумма обменных оснований 28–30 мг-экв/100 г.

Средняя продолжительность безморозного периода составляет 136 дней. Среднегодовая температура воздуха равна 3,8°C. Весной переход температуры через 0°C наступает 3 апреля. Сумма температур выше 0°C составляет 2470, сумма эффективных температур (выше 5°C) – 2365, сумма активных температур (выше 10°C) – 2055°C. Период с температурой воздуха более 0°C составляет 214 дней, более 5°C – 175, более 10°C – 135 дней. Сумма часов солнечного сияния за год составляет 1574.

Погодные условия 2018 г. были благоприятны для выращивания овощных культур. Средние температурные показатели не превышали многолетние данные, только в июле было незначительное превышение показателей, которое компенсировалось повышенным количеством осадков в этот месяц.

Вегетационный период 2019 г. можно охарактеризовать как нетипичный для данной местности: осадки выпадали неравномерно, третья декада мая и первые две декады июня были крайне засушливыми, третья декада июня и июль – дождливыми. Среднесуточная относительная влажность воздуха за сезон практически не отличалась от среднемноголетних данных, а температура воздуха была на 2°C выше климатической нормы.

Погодные условия 2020 г. можно охарактеризовать как благоприятные для вегетации растений. Осадки выпадали равномерно, в мае осадков было достаточное количество, что позволило растениям дать дружные всходы. Август оказался засушливым, выпала приблизительно половина нормы осадков. В сентябре осадки выпадали неравномерно, в первые две декады количество осадков превышало среднестатистические показатели на 23 – 49%. Среднесуточная относительная влажность воздуха и температура за сезон практически не отличались от среднемноголетних данных.

Погодные условия 2021 г. в целом складывались благоприятно для роста и развития овощных культур. В третьей декаде апреля и мае осадков выпало на 42 % больше среднемноголетних значений, а среднесуточная температура воздуха не превышала 14,5°C. С июня по август среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетних значений и держалась на уровне 20°C, что способствовало благоприятному росту и развитию растений. Август и первая половина сентября были теплыми, осадков выпало на 15–20 % больше среднемноголетних значений.

В 2022 г. погодные условия характеризовались повышенным температурным фоном. Среднесуточная температура в течение вегетационного периода превышала средние многолетние данные на 3,3–6,5°C. Осадков за три летних месяца выпало только 54% от средней многолетней нормы.

Плантация миррис была заложена в 2009 г. Размер делянки составляет 8 м², на ней располагается 20 растений из расчета 2,5 шт/ м² (рис. 1).



*Rис. 1. Общий вид плантации миррис душистой (2022 г.)
Fig. 1. General view of the Morris fragrant plantation (2022)*

Уход заключался в рыхлении, ручных прополках и 1–2 поливах. Уборку плодов проводили при наступлении первых заморозков. Семена убирали вручную и дозаривали 1,5–2 месяца после уборки.

Параметры семенной продуктивности и морфометрические параметры оценивали по авторским методикам [7–9]. Семена для морфометрического анализа сначала замачивали в растворе гипохлорита натрия (14 %) в течение 1 ч, а затем промывали в проточной воде. У каждого семени последовательно измеряли его длину, длину эндосперма (на продольном разрезе) и длину зародыша (после выделения). Длину семени и эндосперма измеряли с помощью штангенциркуля (ГОСТ 166-89). Длину зародыша определяли на микроскопе Levenhuk 670T и видеоокуляре DCM 300 MD (Microscope Digital, Китай) при увеличении $\times 40$ с использованием программы Scope Photo (Image Software V. 3.1.386). Измерения длины семени, эндосперма и зародыша осуществляли в четырех повторностях по 30 семян в каждой. Рассчитывали индексы $I_{\text{Э/С}}$, $I_{\text{3/Э}}$, $I_{\text{3/С}}$, показывающие соотношения этих показателей [10, 11]. Различия между значениями параметров изученных образцов считали статистически значимыми при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Семенная продуктивность миррис душистой в зависимости от года составляла 13,6–27,3 г на растение, а расчетная урожайность соответственно 339,1–682,0 кг/га. В табл. 1 показаны основные компоненты семенной продуктивности. На растениях развивалось от 35 до 50 соцветий, как правило, на побегах 1–3-го (реже 4-го) порядков ветвления. В каждом соцветии развивалось до 80 цветков. Однако число завязавшихся семян (плодов) не превышало 15–16 штук.

Причины, приводящие к снижению реализации потенциальной семенной продуктивности, многообразны и, как правило, связаны с нарушением развития эмбриональных структур на разных этапах этого процесса. Однако частично это может быть следствием того, что у миррис душистой было отмечено наличие андромоноэции. Большая часть краевых цветков были мужскими. Явление полового полиморфизма достаточно широко распространено в семействе зонтичные. Есть мнение, что при расчете семенной продуктивности не следует учитывать тычиночные цветки, которые не могут сформировать семена [12–15].

Масса 1000 семян была относительно стабильной, изменяясь от 44,9 до 39,2 г в зависимости от года исследований, и мало зависела от ветвления.

Таблица 1

Семенная продуктивность и элементы, ее составляющие
Seed productivity and its constituent elements

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Число соцветий, шт/раст.	35,5	32,7	42,9	31,9	43,6	37,3
Число цветков, шт/соцв.	58,6	42,3	65,5	71,8	44,6	56,6
Число семян в соцветии, шт.	12,5	8,9	14,1	11,7	9,6	11,4
Завязываемость, %	35,2	27,2	21,5	16,3	21,5	20,1
Масса 1000 семян, г	49,2	46,6	45,1	47,7	44,9	46,7
Продуктивность, г/раст.	21,8	13,6	27,3	17,8	18,8	19,9
Урожайность семян, кг/га	545,8	339,1	682,0	445,1	469,8	496,5
НСР ₀₅ урожайности		31,6				

У семян миррис душистой, выращенных на данной плантации, отмечено широко распространенное явление беззародышевости, которое в разные годы достигало 10,0–73,3

%. Доля беззародышевых семян, как правило, увеличивалась от первого к третьему порядку ветвления (рис. 2).



Рис. 2. Доля беззародышевых семян (2018–2022 гг.)

Fig. 2. The share of germ-free seeds (2018–2022)

Одной из причин отсутствия зародыша в семенах может быть повреждение их щитником полосатым (*Graphosoma lineatum* L.). На растениях миррис душистой ежегодно отмечали наличие клопов щитника полосатого (*Graphosoma lineatum* L.), которые появлялись в самые ранние сроки (как только начинали отрастать побеги). Повреждения могут приводить также к снижению семенной продуктивности (из-за опадения поврежденных

бутонов), массы 1000 семян, энергии прорастания и всхожести в зависимости от культуры [16].

Несмотря на то, что семена у миррис душистой имели достаточно крупный размер (16,75–22,23 мм), они содержали очень маленький зародыш (1,24–1,99 мм), который составлял всего 6–11% от длины семени и 7–13 % от эндосперма (табл. 2).

Таблица 2

Морфометрические параметры внутреннего строения семян
Morphometric parameters of the internal structure of seeds

Год исследования	Порядок ветвления	Длина, мм		
		семя	эндосперм	зародыш
2018	I	18,73	15,10*	1,95
	II	18,80	15,39	1,97
	III	18,13	15,86	1,89
2019	I	19,62	15,17*	1,60*
	II	18,40	13,07**	1,52*
	III	16,75*	14,67*	1,70
2020	I	20,50	16,27	1,83
	II	20,58	16,59	1,99
	III	19,87	16,37	1,92
2021	I	21,95*	15,71	1,24**
2022	I	22,23**	17,38*	1,25**

*Различия со средним существенны при 5%-м уровне значимости.

** Различия со средним существенны при 1%-м уровне значимости.

Значения индексов изменялись в небольших пределах вне зависимости от года исследования и порядка ветвления (рис. 3). Сопоставляя эти параметры у других представителей семейства зонтичные, следует отметить, что миррис душистая имеет одно из самых низких значений индекса $I_{3/2}$. По этому

показателю (< 0,2) ее следует отнести к самому низшему классу [9, 10].

Недоразвитие зародыша является характерной чертой многих представителей семейства зонтичные и одним из ключевых эндогенных факторов, влияющих на прорастание (в том числе в условиях стресса) и качество семян сельдерейных культур [17–19].

Именно чрезвычайно маленький зародыш является одной из причин явления глубокого покоя, присущего семенам миррис душистой. Размеры и степень дифференциации зародыша являются признаком, присущим виду и со-

рту, но которые также зависят от места формирования семян на материнском организме, эколого-географических условий произрастания и года репродукции [20–22].

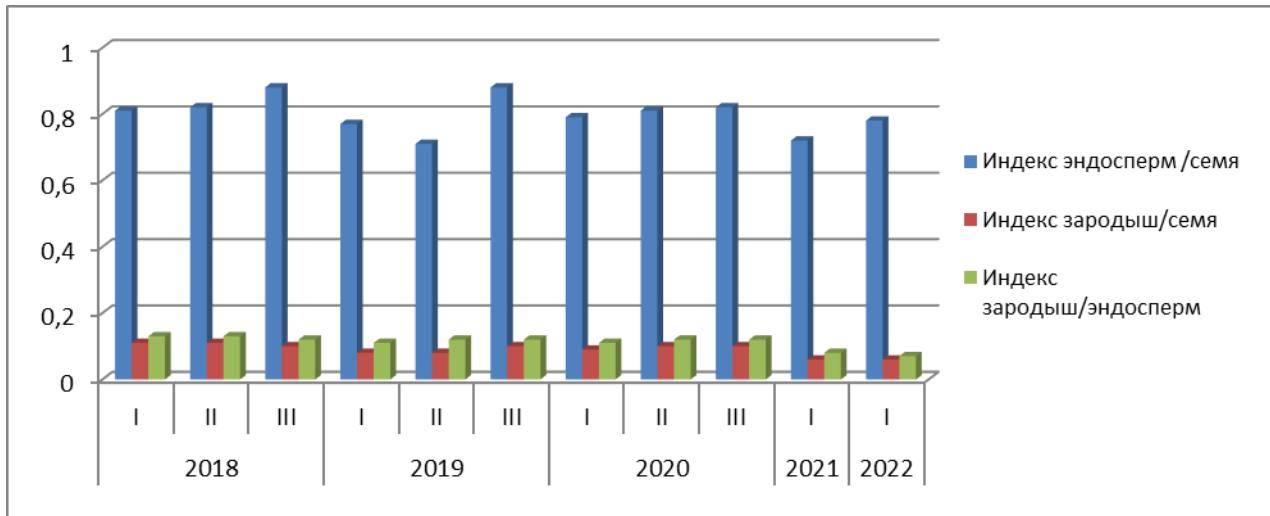


Рис. 3. Соотношения (индексы) морфометрических параметров семян
Fig. 3. Ratios (indices) of morphometric parameters of seeds

Наиболее мелкие зародыши, а также низкие значения всех трех индексов отмечены у семян, сформировавшихся в условиях 2021–2022 гг. По-видимому, к изменению линейных размеров органов семян и их соотношений (индексов), помимо условий репродуцирования, может приводить и частичное повреждение (прежде всего зародыша) сосущими вредителями [16].

ВЫВОДЫ

1. Урожайность семян миррис душистой в зависимости от года исследования составля-

ла от 339,1 до 682,0 кг/га. Отмечены пределы изменчивости основных компонентов, оказывающих существенное влияние на формирование показателя семенной продуктивности: число соцветий на растении (31,9–43,6 шт. на растение), число цветков в соцветии (42,3–71,8 шт.), число плодов в соцветии (8,0–14,1 шт.), масса 1000 семян (44,9–49,2 г).

2. Доля беззародышевых семян в разные годы составляла 10,0–73,3 %, как правило, увеличиваясь от первого порядку к третьему.

3. Для миррис душистой характерен очень маленький зародыш, длина которого составляет всего 6–11 % от длины семени и 7–13 % от длины эндосперма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Apiaceae* / G.M. Plunkett, M.G. Pimenov, J.P. Reduron [et al.] // Flowering Plants. Eudicots. – 2018. – Vol. 15. – P. 9–206.
2. Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Род 8. *Myrrhis* Mill. – Миррис // Зонтичные (Umbelliferae) России / под ред. В.Н. Павлова, Е.В. Клюйкова. – М., 2012. – С. 76–77. – 477 с.
3. *Myrrhis* Mill. / G. Nieto Feliner, S.L. Jury, A. Herrero, L. Villar // Flora iberica Madrid. – 2003. – Vol. X. – P. 82–84.
4. Вульф Е.В., Малеева О.Ф. *Myrrhis* Mill. – Миррис // Мировые ресурсы полезных растений / отв. ред. Ф.Х. Бахтеев. – Л.: Наука, 1969. – С. 329.
5. Рубацкий В.Е., Кирос К.Ф., Саймон Ф.В. Морковь и другие овощные культуры семейства зонтичные / Пер. с англ. В.И. Леунова. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. – 358 с.
6. Атлас плодов зонтичных европейской части России / Е.В. Клюйков [и др.]. – М.: Ториус, 2018. – 191 с.

7. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 5–19.
8. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Морфометрия в системе тестирования качества семян. – М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2020. – 80 с.
9. Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур / Ф.Б.О. Мусаев [и др.] // Картофель и овощи. – 2018. – № 6. – С. 35–37.
10. Necajeva J., Levinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae) // Estonian Journal of Ecology. – 2013. – Vol. 62. – P. 150–161. – doi.org/10.3176/eco.2013.2.06.
11. Морфометрия зародыша как элемент системы тестирования качества семян укропа / А.Ф. Бухаров [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 72. – С. 63–66.
12. Reuther K., Claßen-Bockhoff R. Andromonoecy and developmental plasticity in *Chaerophyllum bulbosum* (Apiaceae – Apioideae) // Annals of Botany. – 2013. – Vol. 112. – P. 1495–1503.
13. Годин В.Н., Архипова Т.В. Семенная продуктивность *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) в Московской области // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 3. – С. 5–15.
14. Godin V.N., Ialamova Z.I. Sexual types of flowers morphology in *Heracleum sibiricum* (Apiaceae) // BIO Web of Conferences. – 2020. – Vol. 24. – P. 00025.
15. Годин В.Н., Архипова Т.В., Ботов Г.К. Семенная продуктивность *Heracleum sibiricum* (Apiaceae) в Московской области. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 39–50.
16. Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Полосатый щитник – причина дегенерации семян овощных зонтичных культур // Защита и карантин растений. – 2015. – № 8. – С. 26–29.
17. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae) / M. Scholten [et al.] // Annals of Botany. – 2009. – Vol. 103. – P. 1091–1101. – doi.org/10.1093/aob/mcp038.
18. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M. Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American sanicula species (Apiaceae subf. Saniculoideae): evolutionary implications for dormancy break // Plant Species Biology. – 2010. – Vol. 25. – P. 103–113. – doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x.
19. Vandelooy F., Janssens S.B., Probert R.J. Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae // New Phytologist. – 2012. – Vol. 195. – P. 479–487. – doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x.
20. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н. Морфометрия семян петрушки и сельдерея // Картофель и овощи. – 2014. – № 5. – С. 34–36.
21. Экологическая и сортовая изменчивость морфометрических параметров семян моркови / А.Ф. Бухаров [и др.] // Картофель и овощи. – 2019. – № 3. – С. 37–40.
22. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Еремина Н.А. Развитие зародыша семян укропа после воздействия кратковременного температурного стресса // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2 (59). – С. 7–17

REFERENCES

1. Plunkett G.M., Pimenov M.G., Reduron J.P. [et al.], Apiaceae, *Flowering Plants. Eudicots*, 2018, Vol. 15, pp. 9–206.
2. Pimenov M.G., Ostroumova T.A., *Zontichnye (Umbelliferae) Rossii*, Moscow, 2012, pp. 76–77, 447 p. (In Russ.)
3. Nieto Feliner G., Jury S.L., Herrero A., Villar L., Myrrhis Mill., *Flora iberica*, Madrid, 2003, Vol. X, pp. 82–84.
4. Vul'f E.V., Maleeva O.F., *Mirovye resursy poleznyh rastenij*, Leningrad: Nauka, 1969, pp. 329–566 p. (In Russ.)

5. Rubackij V.E., Kiros K.F., Sajmon F.V., *Morkov' i drugie ovoshhnye kul'tury semejstva zontichnye* (Carrots and other vegetable crops of the umbrella family), Moscow: Tovarishhestvo nauchnyh zdanij KMK, 2007, 358 p. (In Russ.)
6. Kljukov E.V. [i dr.], *Atlas plodov zontichnyh evropejskoj chasti Rossii* (Atlas of umbrella fruits of the European part of Russia), Moscow: Torius, 2018, 191 p. (In Russ.)
7. Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2017, No. 2. pp. 5–19 (In Russ.)
8. Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R., *Morfometrija v sisteme testirovaniya kachestva semjan* (Morphometry in the seed quality testing system), Moscow: Izdatel'stvo FGBNU FNCO, 2020, 80 p. (In Russ.)
9. Musaev F.B.O. [i dr.], *Kartofel'i ovoshhi*, 2018, No. 6, pp. 35–37. (In Russ.)
10. Necajeva J., Ievinsh G., Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae), *Estonian Journal of Ecology*, 2013, Vol. 62, pp. 150–161, doi.org/10.3176/eco.2013.2.06.
11. Buharov A.F. [i dr.], *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 72, pp. 63–66 (In Russ.)
12. Reuther K., Claßen-Bockhoff R., Andromonoecy and developmental plasticity in *Chaerophyllum bulbosum* (Apiaceae – Apioideae), *Annals of Botany*, 2013, Vol. 112, pp. 1495–1503.
13. Godin V.N., Arhipova T.V., *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki*, 2019, No. 3, pp. 5–15. (In Russ.)
14. Godin V.N., Ialamova Z.I., Sexual types of flowers morphology in *Heracleum sibiricum* (Apiaceae) *BIO Web of Conferences*, 2020, Vol. 24, p. 00025
15. Godin V.N., Arhipova T.V., Botov G.K., *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki*, 2022, No. 1, pp. 39–50 (In Russ.)
16. Baleev D.N., Buharov A.F., *Zashhita i karantin rastenij*, 2015, No. 8, pp. 26–29. (In Russ.)
17. Scholten M. [et. al.], Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae), *Annals of Botany*, 2009, Vol. 103, pp. 1091–1101, doi.org/10.1093/aob/mcp038.
18. Hawkins T.S., Baskin C.C., Baskin J.M., Morphophysiological dormancy in seeds of three eastern North American sanicula species (Apiaceae subf. Saniculoideae): evolutionary implications for dormancy break *Plant Species Biology*, 2010, Vol. 25, pp. 103–113, doi.org/10.1111/j.1442-1984.2010.00273.x.
19. Vandeloek F., Janssens S.B., Probert R.J., Relative embryo length as an adaptation to habitat and life cycle in Apiaceae *New Phytologist*, 2012, Vol. 195, pp. 479–487, doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04172.x.
20. Buharov A.F., Baleev D.N., *Kartofel'i ovoshhi*, 2014, No. 5, pp. 34–36. (In Russ.)
21. Buharov A.F. [i dr.], *Kartofel'i ovoshhi*, 2019, No. 3, pp. 37–40. (In Russ.)
22. Buharov A.F., Baleev D.N., Eremina N.A., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 7–17 (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-29-38

УДК 633.853:631.52

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ГЕНОФОНДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

¹**Р.Р. Галеев**, доктор сельскохозяйственных наук., профессор

¹**Д.Д. Петров**, аспирант

²**М.А. Альберт**, зам. председателя ЗАО Племзавод «Ирмень»

¹**А.Е. Смирнов**, аспирант

¹**Е.А. Ковалёв**, аспирант

¹**Е.В. Рядский**, аспирант

¹*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

²*ЗАО Племзавод «Ирмень», п. Верх-Ирмень Новосибирской обл., Россия*

E-mail: petrovnsau@gmail.com

Ключевые слова: сорт, гибрид, генофонд, соя, кукуруза, уровень урожайности, качество продукции, эффективность производства.

Реферат. Приведены данные по использованию разных сортов и гибридов зерновых и зернобобовых культур. Опыты проведены в лесостепи Новосибирского Приобья в 2020–2022 гг.: на выщелоченном чернозёме УОХ «Практик» Новосибирского района и ЗАО Племзавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области; в степной зоне на чернозёме южном ОАО «Надежда» Баганского района и на серой лесной среднесуглинистой почве УПХ «Сад мичуринцев» г. Новосибирск. Целью исследований является изучение эффективности использования современного генофонда зерновых и зернобобовых культур в разных зонах Западной Сибири. Установлено, что более высокие темпы роста и развития имели сорта сои западно-сибирской селекции – в сравнении со стандартом Дока на 4–6 суток. В исследованиях с гибридами F_1 кукурузы отмечены повышенные показатели биометрических параметров: высоты растений, зелёной массы, массы початков – на 20% от стандарта Росс 140 F_1 . Выявлены высокие параметры урожайности зерна кукурузы на выщелоченном чернозёме лесостепной зоны (УОХ «Практик») гибридов Росс 199 F_1 – 10,2, КС-178 F_1 и Краснодарский 194 F_1 – 9,79 т/га с превышением стандарта Росс 140 F_1 на 40–47%. На южном чернозёме степной зоны ОАО «Надежда» по урожайности зерна кукурузы отличались гибриды F_1 Росс 199 – 6,03 т/га, Краснодарский 194 – 5,67 и КС-178 – 5,52 т/га с превышением стандарта на 54%. На чернозёме выщелоченном ЗАО племзавод «Ирмень» максимальная урожайность зерна кукурузы отмечена у гибрида F_1 Кубанский 101 и Катерина – на уровне 9 т/га. Максимальная урожайность зерна сои на чернозёме выщелоченном выявлена у сортов СибНИИК-9 – 3,44 т/га и Горинская, что выше стандарта сорта Дока на 67 и 57%. На серой лесной среднесуглинистой почве выделялись сорта СибНИИК-9, Омская 4 и Горинская. Сорт дальневосточной селекции Алёна и раннеспелые сорта коллекции ВНИИМК (г. Краснодар): Баргузин, Лира, Соната, Пума – имели развитую надземную массу и низкую зерновую продуктивность. Статистически определено, что урожайность зерна кукурузы определялась генотипом на 39% условиями года – на 25, взаимодействием факторов – на 20%. В опытах с соей на чернозёме выщелоченном и южном урожайность зерна зависела от генотипа на 42%, условий года – на 27 и взаимодействия факторов – на 16%, на серой лесной среднесуглинистой почве соответственно на 47; 30 и 22%.

EFFICIENCY OF USE OF THE MODERN GENE POOL IN THE PRODUCTION OF CEREALS AND LEGUMES

¹**R.R. Galeev**, PhD in Agriculture Sciences, Professor

¹**D.D. Petrov**, PhD student

²**M.A. Albert**, Deputy Chairman of CJSC Livestock Breeding Farm Irmensk

¹**A.E. Smirnov**, PhD student

¹**E.A. Kovalev**, PhD student

¹**E.V. Ryadskiy**, PhD student

¹*Novosibirsk State Agrarian University*

²*CJSC Livestock Breeding Farm Irmensk, Novosibirsk Region*

E-mail: petrovnsau@gmail.com

Keywords: variety, hybrid, gene pool, soybean, corn, yield level, product quality, production efficiency.

Abstract. The authors in the article provided data on the use of different varieties and hybrids of cereals and legumes. The experiments were carried out in the forest steppe of the Novosibirsk Priobya region in 2020–2022. The studies were conducted on the leached chernozem of the Praktik EEF (Educational and Experimental Farm) of the Novosibirsk Region and CJSC Livestock Breeding Farm Irmens of the Ordynsky District Novosibirsk Region. Also, the authors conducted experiments in the steppe zone on the southern chernozem of Nadezhda LLC of the Bagansky district and on grey forest medium loamy soil of the Education and Production Farm (EPF) "Garden of Michurintsev" in Novosibirsk. The research aims to study the efficiency of using the modern gene pool of grain and leguminous crops in different zones of Western Siberia. The authors found that West Siberian selection soybean varieties had higher growth and development rates than the Doka standard for 4-6 days. During studies with F1 hybrids of corn, the authors also note increased indicators of biometric parameters: plant height, green mass, and cob weight - by 20% of the Ross 140 F1 standard. High yield parameters of corn grain on the leached chernozem of the forest-steppe zone (EEF Praktik) of hybrids Ross 199 F1 - 10.2, KS-178 F1 and Krasnodar 194 F1 - 9.79 t/ha were revealed, exceeding the Ross 140 F1 standard by 40–47%. Corn grains of hybrids F1 Ross 199 - 6.03 t/ha, Krasnodar 194 - 5.67 and KS-178 - 5.52 t/ha differed in yield with an excess of the standard by 54% on the southern chernozem of the steppe zone of Nadezhda LLC. The maximum yield of corn grain is in the hybrid F1 Kuban 101 and Katerina - at 9 t/ha on the leached chernozem of CJSC Irmens stud farm. The maximum yield of soybean grain is 3.44 t/ha for SibNIK-9 and Gorinskaya on leached chernozem, which is higher than the standard for Doka by 67 and 57%. SibNIK-9, Omskaya 4, and Gorinskaya were distinguished on grey forest medium loamy soil. The variety of the Far Eastern selection Alena and the early ripening varieties of the RRIO collection (All-Russian Research Institute of Oilseeds, named after V. S. Pustovoit, Krasnodar): Barguzin, Lira, Sonata, and Puma, had a developed above-ground mass and low grain productivity. It was statistically determined that the genotype determined the yield of corn grain by 39%, conditions of the year - by 25%, and interaction of factors - by 20%. In experiments with soybean on leached and southern chernozem, the grain yield depended on the genotype by 42%, the conditions of the year - by 27% and the interaction of factors - by 16%, on grey forest medium loamy soil, respectively, 47; 30 and 22%.

Кукуруза является важной сельскохозяйственной культурой. Один из основных биологических её признаков заключается в мощно развитой мочковатой многоярусной стеблеузловатой корневой системе, способной на разных почвах доходить до глубины 2 м 80 см с распределением в радиусе более 1 м с использованием из этих слоев влаги и питательных веществ [1–4]. Наряду с этим главным достоинством кукурузы является экономная архитектоника растения и растительного покрова [5, 6]. Стебель данной культуры представляет собой узловатую соломину высотой от 0,5 до 5 м и в диаметре от 1,5 до 4 см [7, 8]. В настоящее время имеется широкий выбор сортов и гибридов кукурузы для выращивания как на зелёную массу, так и на зерно [9, 10].

Для условий Западной Сибири особенно важно использование раннеспелых гибридов интенсивного типа, обладающих повышенной продуктивностью в сочетании со сбалансированным составом белков, содержанием клетчатки, крахмала, витаминов и зольных элементов [9–12].

Среди зернобобовых культур соя также является ведущим сельскохозяйственным рас-

тением, её называют «культурой XXI века». Она имеет высокие питательные и диетические свойства, находит широкое применение в кулинарии и на технические цели [13–15]. В настоящий момент дефицит белка в рационе питания человека в нашем отечестве достигает 38%, что является крайне высоким [16, 17]. Для обеспечения населения этим продуктом питания следует увеличивать посевные площади под сою, возделываемую по зерновой технологии [18]. Причем соя среди зернобобовых культур по содержанию белка и незаменимых аминокислот занимает одно из первых мест и по масличности уступает лишь арахису [19].

Рядом исследователей показано, что для создания высокопродуктивных сортообразцов при подборе родительских пар используются генотипы с повышенной селекционной ценностью [20, 21]. Выявлено, что элементы технологии производства оказывают влияние и на качество семян сои в аспекте повышения концентрации незаменимых аминокислот в белке [22, 23].

В этой связи необходим подбор сортообразцов зерновых и зернобобовых культур на основе их биологически адаптацион-

ных свойств для повышения урожайности на фоне использования инновационных геоинформационных технологий.

Целью наших исследований 2020–2022 гг. явилось изучение эффективности использования современного генофонда зерновых и зернобобовых культур в разных зонах Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опытная работа осуществлялась в разных зонах Новосибирской области. Дренированная лесостепь, входящая в северную лесостепь предгорий, представлена опытными участками УОХ «Практик» Новосибирского района с содержанием гумуса 6,67% (среднегумусные выщелоченные чернозёмы), валового азота – 0,20, фосфора – 0,21 и калия – 1,27%. Легкогидролизуемого азота было 11,6, подвижного фосфора – 23,6 и обменного калия – 12,4 мг/100 г; рН – 6,27.

Почва опытных делянок УПХ «Сад мичуринцев» представлена серой лесной среднесуглинистой почвой. Содержание гумуса – 4,68%, подвижного фосфора – 12 мг/100 г, обменного калия 13,2 мг/100 г, рН – 5,87. Данное хозяйство также входит в зону северной лесостепи Новосибирского Приобья.

В степной зоне исследования осуществлены в ОАО «Надежда» Баганского района, относящегося к степной зоне Новосибирской области. Почва опытных участков – чернозём среднесуглинистый выщелоченный с содержанием гумуса 5,27%, легкогидролизуемого азота – 11,6 мг/100 г, подвижного фосфора – 10,5 и обменного калия – 10,9 мг/100 г почвы, рН – 6,19.

Метеорологические условия в годы проведения опытов различались по температурному режиму и по сумме осадков. В годы проведения исследований ранняя весна наблюдалась в 2020 и 2022 гг., переход температуры воздуха через 10°C установлен 3–10 мая. В 2021 г. весна была затяжной с существенными передами температуры воздуха и почвы.

Прогревание почвы весной до 10°C на глубине 0–10 см наблюдалось во второй декаде мая и в большинстве периодов среднемесячная температура почвы в это время превышала 10°C.

Посев проводили в третьей декаде мая с междурядьями для сои 45 см, кукурузы –

70 см, с нормой высева сои 500 тыс. всхожих семян на 1 га. Уборку осуществляли в третьей декаде сентября.

При проведении исследований выполняли фенологические наблюдения по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [24]. Площадь листьев определяли методом промеров по Н.П. Решецкому, ФСП – по А.А. Ничипоровичу [25]. Высоту растений и высоту прикрепления нижних бобов, число семян в бобе определяли по методике ВНИИ сои. Статистическая обработка проведена по Б.А. Доспехову [26]. Учётная площадь делянки для сои – 10 м², кукурузы – 25–50 м², повторность – четырехкратная, расположение – реномизированное.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опытах 2020–2022 гг. показано, что в более засушливой степной зоне фенологические фазы проходили у всех гибридов в более ранние сроки – на 4–6 суток. Наиболее быстрыми темпами роста и развития отличались гибриды Росс 199 и Краснодарский 194 как в лесостепной, так и в степной зонах. Гибрид кукурузы Росс 199 МВ проходил период «молочно-восковая – полная спелость» в двух зонах на 4–5 суток раньше, чем стандарт Росс 140 (табл. 1).

Нами изучались даты прохождения фенологических фаз сортов сои в двух экологических пунктах: в лесостепной и степной зонах Новосибирской области. Отмечено, что изучаемые сорта сои по-разному проходили фазы роста и развития. Наибольшее опережение роста наблюдалось у сортов СибНИИК-315 и СибНИИК-9, Горинская, Краснообская – по сравнению со стандартом СК Дока на 4–6 суток. В степной зоне растения развивались более быстрыми темпами, чем в лесостепной зоне, на 6–8 суток (табл. 2).

Биометрические наблюдения за ростом и развитием гибридов кукурузы, показали, что в разных зонах гибриды кукурузы КС-178 СВ, Краснодарский 194 МВ и Росс 199 МВ имели более высокие показатели в сравнении со стандартом Росс 140 СВ (высота растения, зелёная масса и масса початков). Аналогичная тенденция выявлена и в степной зоне (табл. 3).

Таблица 1

Фенологические фазы при выращивании гибридов кукурузы на зерно
Phenological phases in the cultivation of hybrids grain maize

Гибрид F ₁	Посев – полные всходы	Полные всходы – начало появления метёлки	Начало появления метёлки – молочно- восковая спелость	Молочно- восковая спелость – полная спелость	30-дневный критический период
<i>УОХ «Практик» (лесостепь)</i>					
Росс 130 МВ (st)	29.05	11.07	28.08	26.09	10.08
Росс 140 СВ	28.05	10.07	27.08	24.09	08.08
КС-178 СВ	29.05	12.07	26.08	23.09	07.08
Краснодарский 194 МВ	30.05	12.07	27.08	23.09	07.08
Росс 199 МВ	29.05	13.07	25.08	22.09	06.08
<i>ОАО «Надежда» (степь)</i>					
Росс 130 МВ (st)	27.05	09.07	25.08	27.09	07.08
Росс 140 СВ	26.05	07.07	24.08	24.09	05.08
КС-178 СВ	24.05	06.07	23.08	23.09	04.08
Краснодарский 194 МВ	25.05	05.07	23.08	24.09	05.08
Росс 199 МВ	28.05	05.07	22.08	22.09	03.08

Таблица 2

Фенологические фазы сортов сои
Phenological phases of soybean varieties

Вариант	Всходы		Ветвление стебля		Бутонизация		Цветение		Отмирание ботвы	
	нач.	масс.	нач.	масс.	нач.	масс.	нач.	масс.	нач.	масс.
<i>Лесостепная зона</i>										
СК с Дока(st)	03.06	09.06	18.06	24.06	09.07	14.07	19.07	23.07	02.09	10.09
СибНИИК-315	03.06	09.06	19.06	23.06	08.07	12.07	17.07	20.07	24.08	28.08
Горинская	05.06	10.06	20.06	25.06	12.07	17.07	22.07	25.07	28.08	04.09
СибНИИК-9	04.06	09.06	22.06	24.06	10.07	13.07	14.07	17.07	26.08	28.08
Краснообская	04.06	09.06	20.06	24.06	10.07	16.07	20.07	23.07	28.08	04.09
<i>Степная зона</i>										
Дока(st)	20.05	26.05	06.06	10.06	20.06	26.06	02.07	05.07	01.09	07.09
СибНИИК-315	20.05	26.05	06.06	10.06	20.06	26.06	30.06	02.07	27.08	02.09
Горинская	20.05	26.05	06.06	10.06	18.06	24.06	30.06	03.07	01.09	06.09
СибНИИК-9	20.05	26.05	06.06	10.06	19.06	25.06	29.07	02.07	27.08	02.09
Краснообская	20.05	26.05	06.06	10.06	19.06	25.06	29.07	02.07	01.09	06.09

Таблица 3

Биометрические показатели разных гибридов кукурузы (среднее за 2020–2022 гг.)
Biometrics of different corn hybrids (average for 2020–2022)

Гибрид	Высота, см	Высота прикрепления початка	Количество сформированных початков	Зелёная масса, кг	Масса початков, кг
Росс 130 МВ (st)	205,5	61,36	1	4,9	1,8
Росс 140 СВ	235,6	120,6	1	4,8	1,3
КС-178 СВ	257,2	110,2	1	6,1	1,7
Краснодарский 1 194 МВ	244,5	102,3	1	4,8	1,6
Росс 199 МВ	265,2	103,2	1	5,2	1,7
HCP ₀₅	7,86	2,43	-	0,24	0,28

В обеих зонах максимальная высота растений сои выявлена у сорта СК Дока – до 78 см при наименьших показателях у сорта СибНИИК-315. По высоте прикрепления нижнего боба в лесостепной зоне все сорта превосходили в 2 раза показатели степной зоны. Наименьшим значением в двух зонах характеризовался сорт СибНИИК-9. В лесостепной зоне масса 1000 зёрен была

выше у сорта СибНИИК-315 – 212 г и у сорта СибНИИК-9 – 199 г. В лесостепной зоне наибольшая масса 1000 зёрен наблюдалась у сорта Краснообская – 211 г при минимальных параметрах у сорта-стандарта СК Дока – 160 г. В степной зоне масса 1000 зёрен выше у сорта Краснообская – 202,9 г, а минимальная у стандарта СК Дока – 160 г (табл. 4).

Биометрические показатели роста сортов сои (среднее за 2020–2022 гг.)
Biometric growth rates of soybean varieties (average for 2020–2022)

Сорт	Высота растений, см	Высота прикрепления нижнего боба, см	Масса 1000 зёрен, г
<i>Лесостепная зона</i>			
СК Дока (стандарт)	77,6	17,9	190,3
СибНИИК-315	62,0	16,4	218,4
Горинская	60,4	15,8	178,9
СибНИИК-9	65,8	13,1	199,7
Краснообская	59,4	16,9	182,0
<i>Степная зона</i>			
СК Дока (стандарт)	77,0	8,3	160,0
СибНИИК-315	49,9	5,2	175,9
Горинская	69,7	9,4	177,6
СибНИИК-9	49,9	5,2	175,9
Краснообская	54,0	7,3	202,9
HCP ₀₅	2,37	0,97	3,67

В исследованиях проведена сравнительная оценка урожайности гибридов первого поколения в двух экологических зонах Новосибирской области. Показано, что в условиях лесостепной зоны максимальные параметры урожайности наблюдались в варианте с гибридом кукурузы Росс 199 МВ с прибавкой к стандарту Росс 140 СВ 47% и у гибрида Краснодарский 194 МВ – 41%.

В степной зоне данные гибриды также показали наибольшую прибавку к стандарту – соответственно 54 и 45% (табл. 5).

В опытах с кукурузой на опытных делянках ЗАО племзавод «Ирмень» не было равных гибридам Кубанский 101 F₁ с урожайностью 8,96 т/га при 8,72 у гибрида F₁ Катерина с прибавкой к стандарту Кубанский 102 соответственно 24 и 21%. Гибрид Росс 130 МВ F₁ имел урожайность на уровне стандарта.

Урожайность зерна сортообразцов кукурузы и сои (среднее за 2020–2022 гг.)
Grain yield of corn and soybean varieties (average for 2020–2022)

Стандарт	Лесостепная зона				Степная зона		
	т/га	отклонение от стандарта		т/га	отклонение от стандарта		
		т/га	%		т/га	%	
1	2	3	4	5	6	7	
<i>Кукуруза УОХ «Практик»</i>							
Росс 140 СВ F1(st)	7,19	-	-	4,06	-	-	
Росс 130 МВ F1	8,37	+1,18	+1,69	4,62	+0,56	+14,56	
КС-178 СВ F1	102,5	+3,05	+4,09	5,74	+1,67	+42,64	
Краснодарский 194 МВ F1	10,18	+2,98	+42,64	5,89	+1,83	+46,8	
Росс 199 МВ F1	10,6	+3,41	+48,9	6,27	+2,20	+56,16	

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
<i>Кукуруза ЗАО племзавод «Ирмень»</i>						
Кубанский 102 F1(st)	7,24	-	-	-	-	-
Кубанский 101 F1	8,96	+1,72	+24	-	-	-
Катерина F1	8,72	+1,48	+21	-	-	-
<i>Соя</i>						
Дока (st)	2,15	-	-	1,29	-	-
СибНИИК-315	3,24	+1,09	+52	2,20	+0,91	+66
Горинская	3,35	+1,21	+58,24	2,35	+1,06	+80
СибНИИК-9	3,58	+1,42	+69,68	2,11	+0,82	+66
Краснообская	3,13	+0,98	+38,52	2,01	+0,73	+56

Примечание. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа для опыта: 1. Кукуруза: НСР₀₅ для частных различий – 0,27, НСР₀₅ для А – 0,36, НСР₀₅ для В и АВ – 0,29. Главные эффекты и взаимодействия: А (генотип) – 38,6, В (год) – 24,9, АВ – 19,9%. 2. Соя: НСР₀₅ для частных различий – 0,38, НСР₀₅ для В и АВ – 0,41. Главные эффекты и взаимодействия: А (генотип) – 41,8, В (год) – 26,9, АВ – 15,8%.

Note. Results of two-way analysis of variance for the experiment: 1. Corn: LSD₀₅ (Least significant difference) for individual differences - 0.27, LSD₀₅ for A - 0.36, LSD₀₅ for B and AB - 0.29. Main effects and interactions: A (genotype) - 38.6%, B (year) - 24.9%, AB - 19.9%. 2. Soy: LSD₀₅ for individual differences is 0.38, LSD₀₅ for B, and AB is 0.41. Main effects and interactions: A (genotype) - 41.8%, B (year) - 26.9%, AB - 15.8%.

Статистически определено, что урожайность сои зависела на чернозёме (выщелоченном и южном) от генотипа на 41,8%, условий года – на 26,9 при влиянии взаимодействия факторов 15,8%.

На серой лесной почве УПХ «Сад мичуринцев» максимальная прибавка 20% к стандарту СибНИИК-315 достигнута у сорта СибНИИК-9 – 20% и Омская 4 – 19% при урожайности стандарта 2,85 т/га. Сорта

западно-сибирской селекции имели наибольшие показатели урожайности – 2,72–3,43 т/га. У дальневосточного сорта урожайность была на 51% ниже стандарта. Кубанские сорта сои раннеспелой группы спелости показали высокую степень развития надземной массы, но в связи с недостатком влаги и тепла сформировали продуктивность на 76–87% ниже стандарта (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность сортов сои в лесостепной зоне на серой лесной почве (УПХ «Сад Мичуринцев», среднее за 2020–2022 гг.)

The yield of soybean varieties in the forest-steppe zone on grey forest soil (UPKh “Garden Michurintsev”, the average for 2020–2022)

Сорт	Урожайность зерна		
	т/га	отклонение от стандарта	
		т/га	%
СибНИИК-315 (st)	2,85	-	-
СибНИИК-9	3,43	+0,58	+20
Алтом	2,92	+0,07	+2,5
Омская 4	3,39	+0,54	+19
Горинская	3,23	+0,38	+13
Краснообская	2,72	-0,13	-5
Алёна	1,42	-1,43	-51
Баргузин	0,68	-2,17	-76
Лира	0,43	-2,42	-84
Соната	0,37	-2,48	-87
Пума	0,49	-2,35	-82

Примечание. Результаты дисперсионного анализа двухфакторного полевого опыта (11 x 3): НСР₀₅ для частных различий – 0,48, НСР₀₅ для А и АВ – 0,39. Главные эффекты и взаимодействия: А – 46,8, В – 29,8, АВ – 21,6%.

Note. The analysis results of variance analysis of a two-factor field experiment (11 x 3): LSD₀₅ for particles - 0.48, LSD₀₅ for A and AB - 0.39. Main effects and tastes: A - 46.8, B - 29.8, AB - 21.6%.

По данным дисперсионного анализа показано, что урожайность кукурузы зависела от генотипа на 383,6%, условий года – на 24,9 при влиянии взаимодействия данных факторов 19,9%.

В исследованиях с соей в лесостепной зоне учхоза «Практик» (выщелоченный чернозём) минимальная прибавка урожая к стандарту сорту СК Дока 38% наблюдалась у сорта Краснообская. Наибольшая урожайность выявлена у сорта СибНИИК-9 – 3,58 т/га (прибавка к стандарту 69%), а также у сорта Горинская – 58%. В условиях степной зоны все изучаемые сорта превышали стандарт СК Дока на 54–79%, причем максимальная урожайность отмечена у сорта Горинская – 2,35 т/га, что выше стандарта на 80%.

По данным вариационной статистики, в опытах с соей на серой лесной почве лесостепной зоны урожайность зерна определялась сортовыми особенностями на 46,8%, погодными условиями – на 29,8 взаимодействием факторов – на 21,6%.

В целом западно-сибирские сорта отличались высокой продуктивностью и хорошими показателями качества зерна.

ВЫВОДЫ

1. В исследованиях 2020–2022 гг. в двух зонах Новосибирской области (лесостепь – выщелоченный чернозём и серая лесная почва; степная зона – чернозём южный) изучены особенности роста и развития кукурузы и сои при выращивании на зерно. Показано, что ускоренными темпами роста и развития обладали сорта сои западно-сибирской селекции в сравнении со стандартом СК Дока и в лесостепной, и в степной зонах – на 4–6 суток.

2. В разных зонах гибриды кукурузы КС-178 СВ F₁, Краснодарский 194 МВ F₁ и Росс 199 МВ F₁ по высоте растений, зелёной массе и массе початков на 20% превышали стандарт Росс 140 СВ F₁. В опытах с соей более высоким ростом отличались сорта СибНИИК-9 и Горинская западно-сибирской селекции.

3. Отмечены высокие показатели урожайности зерна кукурузы в условиях выщелоченного чернозема лесостепной зоны (УОХ «Практик») у гибридов Росс 199 МВ F₁ – 10,6 т/га, КС-178 СВ F₁ – 10,25 и Краснодарский

194 МВ F₁ – 10,18 т/га, что на 41–48% выше стандарта Росс 140 СВ F₁. В степной зоне на чернозёме южном (ОАО «Надежда») по урожайности зерна кукурузы выделялись гибриды Росс 199 МВ F₁ – 6,27 т/га, Краснодарский 194 МВ F₁ – 5,89 и КС 178 СВ F₁ – 5,74 т/га с превышением относительно стандарта 42–56%.

4. В опытах на чернозёме выщелоченном в лесостепи Приобья – ЗАО племзавод «Ирмень» наибольшим превышением к стандарту гибрид F₁ Кубанский 102 выделились гибриды Кубанский 101 F₁ (на 24%) и Катерина F₁ – 21% при урожайности стандарта 7,24 т/га.

5. В исследованиях по выращиванию сои на зерно в лесостепи на чернозёме выщелоченном максимальные параметры урожайности наблюдались у сорта СибНИИК-9 – 3,58 т/га и Горинская – 3,35 т/га с превышением к стандарту СК Дока соответственно 69 и 58%. В степной зоне на южном чернозёме наибольшая прибавка к стандарту получена у сортов Горинская – 80% и СибНИИК-9 – 66% при урожайности стандарта СК Дока 1,29 т/га.

6. На серой лесной среднесуглинистой почве лесостепи Новосибирского Приобья установлены максимальные параметры урожайности зерна сои у сортов западно-сибирской селекции СибНИИК-9, Омская 4, и Горинская – на уровне 3,23–3,43 т/га с прибавкой к стандарту СибНИИК-315 13–20%. Раннеспелый сорт дальневосточной селекции Алёна и кубанской селекции Баргузин, Лира, Соната, Пума формировали развитый листовой аппарат и в связи с недостатком тепла и влаги не сформировали достаточного урожая зерна. Показатели их урожайности ниже стандарта СибНИИК-315 в 1,5–1,9 раза.

7. Статистически определено, что урожайность зерна на 39% зависела от генотипа, на 25 – от условий года, взаимодействия факторов – на 20%. В опыте с соей на выщелоченном чернозёме урожайность определялась генотипом на 42%, условиями года – на 27, взаимодействием факторов – на 16%. В исследованиях сои на серой лесной почве лесостепи Новосибирского Приобья урожайность зерна зависела от генотипа на 47%, погодных условий – на 30% при влиянии взаимодействия факторов 22%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Возделывание сои в Западной Сибири: рекомендации / сост.: Н.И. Кашеваров, В.Е. Горин, А.А. Лях; РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 1999. – 73 с.*
2. *Соя в Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, Н.И. Васякин, А.А. Лях. – Новосибирск: Юпитер, 2004. – 256 с.*
3. *Пенчуков В.Н., Каптушев А.У. Культура больших возможностей. – Ставрополь, 1984. – 228 с.*
4. *Галеев Р.Р., Листвянский В.М. Интенсивные технологии возделывания сои в Западной Сибири. – Новосибирск: АгроСибирь, 2002. – 92 с.*
5. *Галеев Р.Р., Литвинова И.С. Совершенствование элементов технологии возделывания сои на зерно в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ. – 2016. – № 2(39). – С. 22–29.*
6. *Галеев Р.Р. Соя в интенсивном земледелии Западной Сибири. – Новосибирск: Агрос, 2008. – 39 с.*
7. *Галеев Р.Р. Пути повышения продуктивности зерна сои в Западной Сибири: рекомендации. – Новосибирск: АгроСибирь, 2011. – 72 с.*
8. *Полищук А.А., Кашеваров Н.Н., Петров А.Ф. Зернобобовые культуры в решении протеиновой проблемы Западной Сибири // Деятельность академика И.И. Синягина в становлении и развитии сибирской аграрной науки: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения акад. И.И. Синягина / сост. Л.Ф. Ашмарина. – Новосибирск, 2007. – С. 419–422.*
9. *Вороловский П.Н. Соя на Дальнем Востоке. – Хабаровск: Ритм, 2008. – 126 с.*
10. *Возделывание сои в Сибири: метод. рекомендации. – Омск, 2014. – 52 с.*
11. *Серен К.Д., Галеев Р.Р. Биологические ресурсы возделывания зернобобовых культур в условиях сухостепной зоны Республики Тыва // Плодородие. – 2013. – № 2. – С. 36–39.*
12. *Влияние средств химизации на формирование фотосинтетических параметров и урожайность зерна сортов сои / Р.Р. Галеев, Д.Д. Петров, Е.В. Рядский, А.Е. Смирнов // Материалы V Всерос. науч. конф. 18.12.2020 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 15–19.*
13. *Planting Date, Maturity, and Temperature Effects on Soybean Seed Yield and Composition / S. Mourtzinis, A.P. Gaspar, S.L. Naeve, S.P. Conley // Agronomy Journal. – 2017. – Vol. 109. – P. 2040–2049. – <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0247>.*
14. *Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions / A. Anda, G. Soos, L. Menyhart, T. Kucserka, B. Simon // Field Crops Research. – 2020. – Vol. 245. – P. 107–673. – <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>.*
15. *Toward a «Green Revolution» for Soybean / Shulin Liu, Min Zhang, Feng Feng, Zhixu Tian // Molecular Plant. – 2020. – Vol. 13, Is. 5. – P. 688–697. – <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>.*
16. *Yu, Ju-Kyung, Young-Suk Chung Plant Variety Protection: Current Practices and Insights. – 2021. – Genes 12, N 8. – P. 1127. – <https://doi.org/10.3390/genes12081127>.*
17. *Dry Matter and Nitrogen Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels / A.P. Gaspar, C.A. Laboski, S.L. Naeve, S.P. Conley // Crop Science. – 2017. – Vol. 57. – P. 2170–2182. – <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0322>.*
18. *Impact of genomic research on soybean improvement in East Asia / M.W. Li, Z. Wang, B. Jiang [et al.] // Theor Appl Genet. – 2020. – Vol. 133. – P. 1655–1678. – <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>.*
19. *Перспективы возделывания сои на Дальнем Востоке: метод. рекомендации. – Хабаровск, 2016. – 76 с.*
20. *Возделывание сои по интенсивной технологии. – Благовещенск: Изд-во ВНИИС, 2017. – 43 с.*
21. *Соя в орошающем земледелии. – Краснодар: Ритм, 2014. – 102 с.*
22. *Галеев Р.Р. Пути повышения зерновой продуктивности сои в Западной Сибири. – Новосибирск: АгроСибирь, 2017. – 93 с.*
23. *Соя в мировом земледелии. – М.: Колос, 2015. – 182 с.*

-
24. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1985. – 224 с.
 25. Ничипорович А.А. Продуктивность сельскохозяйственных культур и фотосинтез. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 276 с.
 26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Kashevarov N.I., V.E. Gorin V.E., Lyakh A.A., *Vozdelyvanie soi v Zapadnoi Sibiri* (Cultivation of soybean in Western Siberia), Novosibirsk, 1999, 73 p. (In Russ.)
2. Kashevarov N.I., Soloshenko V.A., Vasyakin N.I., Lyakh A.A., *Soya v Zapadnoi Sibiri* (Soybean in Western Siberia), Novosibirsk: Yupiter, 2004, 256 p.
3. Penchukov V.N., Kaptushev A.U., *Kul'tura bol'sikh vozmozhnostei* (Culture of great opportunities), Stavropol, 1984, 228 pp.
4. Galeev R.R., Listvyansky V.M., *Intensivnye tekhnologii vozdelyvaniya soi v Zapadnoi Sibiri* (Intensive technologies of soybean cultivation in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2002, 92 p.
5. Galeev R.R., Litvinova I.S., *Vestnik NGAU*, 2016, No. 2 (39), pp. 22–29. (In Russ.)
6. Galeev R.R., *Soya v intensivnom zemledelii Zapadnoi Sibiri* (Oybean in intensive agriculture of Western Siberia), Novosibirsk: Agros, 2008, 39 p.
7. Galeev R.R., *Puti povysheniya produktivnosti zerna soi v Zapadnoi Sibiri* (Ways to increase soybean productivity in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2011, 72 p.
8. Polischuk A.A., Kashevarov N.N., Petrov A.F., *Deyatel'nost' akademika I.I. Sinyagina v stanovlenii i razvitiu Sibirskoi agrarnoi nauki* (Activity of Academician I.I. Sinyagin in the formation and development of Siberian agrarian science), Materials of the International scientific conference dedicated to the 95th anniversary of Academician I.I. Sinyagin, 2007, pp. 419–422. (In Russ.)
9. Vorolovsky P.N., *Soya na Dal'nem Vostoke* (Soya in the Far East), Khabarovsk: Rhythm, 2008, 126 p.
10. *Vozdelyvanie soi v Sibiri* (Cultivation of soybeans in Siberia), Omsk, 2014, 52 p.
11. Seren K.D., Galeev R.R., *Plodorodie*, 2013, No. 2, pp. 36–39. (In Russ.)
12. Galeev R.R., Petrov D.D., Ryadsky E.V., Smirnov A.E., *V Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya* (V All-Russian Scientific Conference), Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 2020, pp. 15–19. (In Russ.)
13. Mourtzinis S., Gaspar A.P., Naeve S.L., Conley S.P., Planting Date, Maturity, and Temperature Effects on Soybean Seed Yield and Composition, *Agronomy Journal*, 2017, Vol. 109, pp. 2040–2049, <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0247>.
14. Anda A., Soos G., Menyhart L., Kucserka T., Simon B., Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions, *Field Crops Research*, 2020, Vol. 245, pp. 107–673, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>.
15. Shulin Liu, Min Zhang, Feng Feng, Zhixu Tian, Toward a «Green Revolution» for Soybean, *Molecular Plant*, 2020, Vol. 13, Iss. 5, pp. 688–697, <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>.
16. Yu, Ju-Kyung, Young-Suk Chung, *Plant Variety Protection: Current Practices and Insights*, 2021, Genes 12, No. 8, pp. 1127, <https://doi.org/10.3390/genes12081127>.
17. Gaspar A.P., Laboski C.A., Naeve S.L., Conley S.P., Dry Matter and Nitrogen Uptake, Partitioning, and Removal across a Wide Range of Soybean Seed Yield Levels, *Crop Science*, 2017, Vol. 57, pp. 2170–2182, <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.05.0322>.
18. Li MW., Wang Z., Jiang B. [et al.], Impact of genomic research on soybean improvement in East Asia, *Theor Appl Genet*, 2020, Vol. 133, pp. 1655–1678, <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>.
19. *Perspektivy vozdelyvaniya soi na Dal'nem Vostoke* (Prospects of soybean cultivation in the Far East), Khabarovsk, 2016, 76 p.
20. *Vozdelyvanie soi po intensivnoi tekhnologii* (Cultivation of soybean by intensive technology), Blagoveshchensk: VNIIS Publishing House, 2017, 43 p.

21. *Soya v oroshaemom zemledelii* (Soybean in irrigated agriculture), Krasnodar: Rhythm, 2014, 102 p.
22. Galeev R.R., *Puti povysheniya zernovoi produktivnosti soi v Zapadnoi Sibiri* (Ways to increase soybean grain productivity in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir, 2017, 93 p.
23. *Soya v mirovom zemledelii* (Soybean in world farming), Moscow: Kolos Publishing, 2015, 182 p.
24. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops), Moscow, 1985, 224 p.
25. Nichiporovich A.A., *Produktivnost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i fotosintez* (Productivity of agricultural crops and photosynthesis), Moscow: "Selkhozizd", 1963, 276 p.
26. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experiment), Moscow: Kolos, 1985, 351 p.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

Н.И. Касаткина, кандидат сельскохозяйственных наук

Ж.С. Нелиубина, кандидат сельскохозяйственных наук

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Ижевск, Россия

E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Ключевые слова: клевер луговой, сорт, морфологические признаки, урожайность сухой массы, урожайность семян, питательная ценность.

Реферат. Одним из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и клевера лугового, является подбор высокопродуктивных сортов. Новые сорта должны быть не только специализированными по типу использования, но и устойчивыми к лимитирующим факторам внешней среды. Цель исследований – оценка сортов клевера лугового российской и иностранной селекции по кормовой и семенной продуктивности в условиях Волго-Вятского региона. Исследования проведены в 2019–2021 гг. на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве в лесолуговой зоне Удмуртской Республики. Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований были различными: 2019 г. – переувлажненный (ГТК – 1,73), 2020 г. – незначительно засушливый (ГТК – 1,04), 2021 г. – засушливый (ГТК – 0,78), в т.ч. в мае, июне отмечалась значительная засушливость (ГТК – 0,42 и 0,52 соответственно). Укосной спелости сорта клевера достигли за 56–61 день. В среднем за два года пользования травостоем клевера лугового по урожайности (5,3–5,7 т/га сухой массы) выделились сорта Метис, Милена и Близард. Получению высокой урожайности у данных сортов способствовало увеличение до 44–55% облиственности и до 4,9–6,2 г – массы одного стебля. В сухом веществе сортов клевера лугового содержалось 0,3–0,7 % фосфора, 1,2–2,4 – калия и 0,5–1,1 % кальция. Наибольший выход обменной энергии (49,6 и 51,4 ГДж/га), переваримого протеина (0,60 и 0,65 т/га) и кормовых единиц (3,87 и 3,89 тыс. к. ед/га) отмечен у сортов Даяна и Милена. Семенная продуктивность сортов клевера лугового была на уровне 155–246 кг/га, наибольшая (225–246 кг/га) отмечалась у сортов Даяна, Крыния, ВИК-77, Ганимед. Урожайность сортов Милена и Метис (198 и 205 кг/га соответственно) была на уровне стандартного сорта.

PRODUCTIVITY OF CLOVER VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE VOLGA-VYATKA REGION

N.I. Kasatkina, PhD in Agricultural Sciences

Zh.S. Nelyubina, PhD in Agricultural Sciences

Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia

E-mail: ugniish-nauka@yandex.ru

Keywords: red clover, variety, morphological features, dry matter yield, seed yield, nutritional value

Abstract. The selection of highly productive varieties is one way to increase crop yield, including red clover. New varieties should be specialised for the type of use and resistant to limiting environmental factors. The research aims to evaluate varieties of red clover of Russian and foreign breeding in terms of fodder and seed production in the conditions of the Volga-Vyatka region. The studies were carried out in 2019–2021. on soddy medium podzolic medium loamy soil in the forest-meadow zone of the Udmurt Republic. The meteorological conditions of the growing seasons in the years of research were different: 2019 - waterlogged Hydrothermal Coefficient (HTC) - 1.73), 2020 - slightly dry (HTC - 1.04), 2021 - dry (HTC - 0,78), incl. in May and June significant dryness was noted (HTC - 0.42 and 0.52, respectively). Clover varieties reached mowing ripe in 56–61 days. Varieties Metis, Milena and Blizzard stood out on average for two years of using red clover herbage in terms of yield (5.3–5.7 t/ha of dry weight). The increase in foliage up to 44–55% to 4.9–6.2 g (mass of one stem) contributed to high yields in these varieties. The dry matter of red clover varieties contained 0.3–0.7% phosphorus, 1.2–2.4% potassium and 0.5–1.1% calcium. The highest yield of metabolic energy (49.6 and 51.4 GJ/ha), digestible protein (0.60 and 0.65 t/ha) and feed units (3.87 and 3.89 thousand units/ha) were noted in varieties Dayana and Milena. The seed productivity of red clover varieties was 155–246 kg/ha. The highest (225–246 kg/ha) was observed in types Dayana, Krynia, VIK-77, and Ganymed. The yield of varieties Milena and Metis (198 and 205 kg/ha, respectively) was at the level of the standard array.

В решении проблемы увеличения производства кормового белка главную роль играет возделывание бобовых культур, в том числе клевера лугового. Он обеспечивает высокие сборы зеленой массы и сухого вещества, сбалансированность корма по содержанию протеина и энергии, значительную устойчивость травостоев и продолжительность их использования. Урожайность зеленой массы этой культуры может достигать 24–48 т/га, что в пересчете на сухую массу составляет 6–12 т/га. В 1 кг зеленой массы клевера лугового содержится 0,16 к. ед., сена – 0,54, сенажа – 0,32, силюса – 0,16 к.ед. Ценность клевера как кормовой культуры определяется высоким содержанием переваримого протеина. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в кормах из клевера составляет 104–240 г [1–4].

Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями он практически не нуждается в минеральном азоте и при этом является мощным средством восстановления и повышения плодородия почвы. Исследования показывают, что клевер, как более адаптивная для региона многолетняя бобовая культура, по уровню азотфиксации на дерново-подзолистых почвах (170–200 кг/га) не уступает люцерне и при этом обеспечивает положительный баланс азота на уровне 90 кг/га [5–7].

В Волго-Вятском регионе в структуре многолетних трав на долю клевера лугового приходится: в Пермском крае – около 84%, в Удмуртской Республике – 51, в Кировской области – 48% [8–11]. Однако в посевах преобладают позднеспелые одноукосные сорта, основным недостатком которых является расщущий период цветения, что во влажные годы может привести к сильному полеганию, затруднению уборки и ухудшению качества урожая. Большую экономическую значимость представляют более скороспелые сорта, позволяющие осуществлять несколько укосов за вегетацию, уборку на семена в оптимальные сроки [11].

Одним из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и клевера лугового, является подбор высокопродуктивных сортов. Новые сорта должны быть не только специализированными по типу использования, но и устойчивыми к лимитирующим факторам внешней среды [12–14]. В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Волго-Вятскому региону, включено 38 сортов клевера лугового, при этом 19 сортов (50%) были районированы

ны более 20 лет назад. В связи с этим поиск новых перспективных сортов, характеризующихся высокой кормовой и семенной продуктивностью, является актуальным.

Цель исследований – оценка сортов клевера лугового российской и иностранной селекции по кормовой и семенной продуктивности в условиях Волго-Вятского региона.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись сорта клевера лугового российской и иностранной селекции: Дымковский (стандарт) – ФАНЦ Северо-Востока; ВИК-77 и Ранний 2 – ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»; Близард (4n) – Германия; Ганимед и Метис – Дания; Даяна, Крыния и Милена – Польша. Исследования проводили в 2019–2021 гг. в Удмуртском НИИСХ – филиале УдмФИЦ УрО РАН, расположенному в лесолуговой зоне Удмуртской Республики.

Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая нейтральная (pH_{KCl} – 6,13) с низким содержанием гумуса (2,2%), очень высоким – подвижного фосфора (346 мг/кг почвы), средним содержанием обменного калия (101 мг/кг почвы). Посев сортов клевера проведен в 2019 г. сеялкой СН-16 под покров яровых зерновых культур, способ посева – обычный рядовой, норма высева – 7,0 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки – 30 м².

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований были различными: 2019 г. – переувлажненный (ГТК – 1,73), 2020 г. – незначительно засушливый (ГТК – 1,04), 2021 г. – засушливый (ГТК – 0,78), в т.ч. в мае, июне наблюдалась значительная засушливость (ГТК 0,42 и 0,52 соответственно).

При проведении исследований использовали общепринятые методические указания [15, 16]. Учет урожайности зеленой массы сортов клевера лугового (с последующим пересчетом на сухое вещество) проводили в фазе начала цветения. Анализ растительных проб на питательную ценность проведен в лаборатории биохимического анализа Удмуртского НИИСХ по классическим и модифицированным методикам анализа кормов [17]. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Excel [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Начало отрастания сортов клевера лугового первого года пользования в 2020 г. отмечено 16 апреля. Зимостойкость сортов была оценена в 4,0 балла. Устойчивость сортов к полеганию составила 5,0 балла. Укосной спелости сорта Близард, Ганимед, Даяна, Крыния, Метис, Милена и Ранний 2 достигли

за 56 дней, сорта Дымковский и ВИК-77 – за 61 день.

Наблюдения за сортовыми (морфологическими) признаками провели через одну неделю после наступления фазы цветения. Изучаемые сорта имели короткий либо средней длины стебель с малым числом междуузлий, опушение стеблей слабое либо среднее (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические признаки сортов клевера лугового первого года пользования (2020 г.)
Morphological characteristics of meadow clover varieties of the first year of use (2020)

Сорт	Длина стеблей	Количество междуузлий	Опушение стеблей	Длина черешка	Центральный лист		Соцветие
					длина	ширина	
Дымковский стандарт	Средняя	Мало	Среднее	Длинный	Средний	Широкий	Короткое
Близард	Средняя	Мало	Слабое	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое сдвоенное
ВИК-77	Средняя	Мало	Слабое	Длинный	Средний	Широкий	Короткое
Ганимед	Средняя	Мало	Слабое	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое
Даяна	Средняя	Мало	Слабое	Длинный	Средний	Широкий	Короткое
Крыния	Короткая	Мало	Слабое	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое
Метис	Средняя	Мало	Среднее	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое
Милена	Средняя	Мало	Среднее	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое
Ранний 2	Короткая	Мало	Среднее	Длинный	Короткий	Широкий	Короткое

Наблюдения на листьях проводили на побеге, на котором измеряли длину стебля. У всех изучаемых сортов был длинный черешок, листочек – от короткого до средней длины, широкий. Соцветие у всех сортов было короткое, у сорта Близард – короткое сдвоенное.

В 2020 г. урожайность сортов клевера лугового первого года пользования в первом укосе составила 2,5–3,7 т/га сухой массы, наибольшая (3,7 т/га) отмечена у стандартного

сорта Дымковский. В отличие от первого укоса во втором изучаемые сорта (за исключением сорта Ганимед) при урожайности 2,3–3,6 т/га сухой массы обеспечили существенную прибавку урожайности (0,4–1,7 т/га) при НСР₀₅ 0,4 т/га. В сумме за два укоса урожайность сортов достигла 5,0–6,1 т/га. Существенное увеличение урожайности на 0,5 т/га при НСР₀₅ 0,4 т/га было отмечено у сортов Близард и Милена (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сортов клевера лугового, т/га сухой массы
Productivity of varieties of red clover, t/ha of dry weight

Сорт	1-й год пользования (2020 г.)			2-й год пользования (2021 г.)			В среднем
	1-й укос	2-й укос	в сумме	1-й укос	2-й укос	в сумме	
Дымковский – стандарт	3,7	1,9	5,6	3,5	0,0	3,5	4,6
Близард	2,5	3,6	6,1	3,6	1,7	5,3	5,7
Ганимед	3,4	2,0	5,4	2,8	0,0	2,8	4,1
ВИК-77	2,7	2,3	5,0	2,8	1,3	4,0	4,5
Даяна	2,7	2,3	5,0	3,6	1,7	5,3	5,1
Крыния	2,7	2,3	5,0	3,1	1,4	4,6	4,8
Метис	2,6	2,8	5,4	3,6	1,6	5,2	5,3
Милена	3,2	2,9	6,1	3,4	1,5	4,9	5,5
Ранний 2	3,1	2,6	5,7	3,3	0,0	3,3	4,5
НСР ₀₅	0,3	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5	0,3

В засушливых условиях 2021 г. урожайность большинства изучаемых сортов клевера лугового второго года пользования в первом укосе, составлявшая 3,1–3,6 т/га, была на уровне урожайности стандартного сорта Дымковский – 3,5 т/га, у сортов Ганимед и ВИК-77 – существенно ниже. Сорта Дымковский, Ганимед и Ранний 2 не смогли обеспечить второй укос. Урожайность остальных сортов была на уровне 1,3–1,7 т/га сухой массы, наибольшая (1,7 т/га) – у сортов Близард и Даяна. В сумме за два укоса урожайность составила 2,8–5,3 т/га. Существенное увеличение – на 0,5–1,8 т/га при НСР₀₅ 0,5 т/га отмечено у сортов ВИК-77, Крыния, Милена, Метис, Даяна и Близард.

В среднем за 2020–2021 гг. пользования травостоем существенная прибавка урожайности (0,7–1,1 т/га сухой массы, НСР₀₅

0,3 т/га) получена у сортов Метис, Милена и Близард (урожайность 5,3; 5,5 и 5,7 т/га при высоте травостоя 44; 45 и 53 см соответственно). Выявлено, что получению высокой урожайности у данных сортов способствовало увеличение до 44–5% облиственности побегов и до 4,9–6,2 г массы одного побега, что выше аналогичных показателей стандарта Дымковский (42% и 4,3 г соответственно).

Питательная ценность изучаемых сортов клевера лугового отличалась. Содержание фосфора в растениях составляет в среднем 0,5% сухого вещества, изменяясь от 0,1 до 1,5%, и зависит от биологических особенностей культур, возраста растений, условий фосфорного питания [17, 19]. В растительном сырье изучаемых нами сортов клевера содержалось 0,3–0,7% фосфора, наибольшее – 0,7% отмечено у сорта Ранний 2 (табл. 3).

Таблица 3

Питательная ценность сортов клевера лугового, % в сухом веществе (в среднем за 2020–2021 гг.)
Nutritional value of red clover varieties, % in dry matter (average for 2020–2021)

Сорт	Фосфор	Калий	Кальций	Сырая зола	Сырой жир	Сырой протеин	Сырая клетчатка
Дымковский стандарт	–	0,6	2,4	0,9	8,0	3,5	16,8
Близард	0,3	2,3	0,5	7,3	3,2	12,1	31,6
Ганимед	0,6	1,8	1,0	7,2	2,6	16,7	28,3
ВИК-77	0,6	1,2	0,9	7,9	2,8	15,4	26,8
Даяна	0,6	1,8	1,0	7,6	2,3	16,7	27,1
Крыния	0,6	2,4	1,1	7,8	2,6	16,8	30,3
Метис	0,6	1,9	1,0	7,9	2,8	16,1	30,3
Милена	0,6	1,8	1,0	7,7	2,9	16,7	29,8
Ранний 2	0,7	2,3	0,8	8,1	2,2	17,6	29,7

Среднее содержание калия в растениях составляет около 1,0% сухого вещества, варьируя от 0,3 до 2,5% в зависимости от содержания подвижных форм, доз минеральных удобрений и извести, ботанического состава и стадии вегетации. При высокой доступности калия в почве или применении высоких доз калийных удобрений растения способны накапливать высокие концентрации (до 6%) и аккумулировать калий в тканях [17, 19]. В сухом веществе сортов клевера содержалось 1,2–2,4% калия, наибольшее – 2,3–2,4% отмечено у сортов Ранний 2, Близард, Дымковский и Крыния.

Клевер луговой относится к растениям, «любящим» кальций, способен накапливать в сухом веществе до 1,9% [17, 19]. В наших исследованиях содержание кальция было на уровне 0,5–1,1%, по данному показателю выделился сорт Крыния.

Содержание сырого жира было на уровне 2,2–3,5%, наибольшее у сортов Близард и Дымковский. В сухом веществе сортов клевера лугового содержание сырой золы не превышало 7,2–8,1%, что соответствует ГОСТ Р 55452-2013 (норма – не более 10%). Содержание сырого протеина сортов клевера составило 12,1–17,6% при норме не менее 12% для 3-го класса. Наименьшее содержание сырой клетчатки – 26,8 и 27,1% было в сухом веществе сортов ВИК-77 и Даяна.

По концентрации обменной энергии – 9,54–9,65 МДж/кг сухого вещества выделились сорта Ганимед, Даяна и ВИК-77. Наибольший выход обменной энергии – 49,6–51,5 ГДж/га отмечали у сортов Даяна, Милена и Близард, переваримого протеина – 0,60 и 0,65 т/га и кормовых единиц – 3,87 и 3,89 тыс. к. ед/га у сортов Даяна и Милена (табл. 4).

Таблица 4

Продуктивность сортов клевера лугового (среднее за 2020–2021 гг.)
Productivity of red clover varieties (average for 2020–2021)

Сорт	КОЭ, МДж/кг сухого вещества	Выход обменной энергии ГДж/га	Сбор переваримого протеина, т/га	Выход кормовых единиц, тыс. к. ед/га
Дымковский – стандарт	9,41	42,8	0,54	3,26
Близард	9,02	51,5	0,44	3,76
Ганимед	9,54	39,1	0,48	3,02
ВИК-77	9,65	43,4	0,48	3,40
Даяна	9,63	49,6	0,60	3,87
Крыния	9,22	44,3	0,57	3,31
Метис	9,22	48,9	0,59	3,65
Милена	9,35	51,4	0,65	3,89
Ранний 2	9,27	41,8	0,56	3,13

На семенных посевах клевера лугового одним из наиболее распространенных вредителей, снижающих урожайность семян, является клеверный семядел. Наибольшее распространение клеверный семядел имеет в засушливых условиях [8, 9]. В 2020 г. обнаружено, что на клевере первого года пользования поврежденность головок данным вредителем составила от 12–14 (сортов Даяна и Милена) до 31–35% (сортов ВИК-77 и Метис), количество личинок в головке – 1,0–1,5. Урожайность сортов клевера лугового была на уровне 155–246 кг/га семян при урожайности стандарта Дымковский 201 кг/га. Отмечено существенное увеличение урожайности – на 24–45 кг/га (НСР₀₅ – 18 кг/га) у сортов Даяна, Крыния, ВИК-77, Ганимед. Урожайность сортов Милена и Метис (198 и 205 кг/га) была на уровне стандарта, сортов Близард и Ранний 2 (155 и 170 кг/га) – существенно ниже.

ВЫВОДЫ

1. Зимостойкость сортов клевера лугового в условиях Волго-Вятского региона составила 4,0 балла, устойчивость к полеганию – 5,0 балла. Укосной спелости сорта клевера достигали за 56–61 день.

2. По кормовой продуктивности в среднем за два года пользования травостоем клевера лугового выделились сорта Метис, Милена и Близард с урожайностью 5,3–5,7 т/га сухой массы. Получению высокой урожайности у данных сортов способствовало увеличение до 44–55% облистенности и до 4,9–6,2 г массы одного стебля в первом укосе и формирование стабильно высокого второго укоса.

3. В сухом веществе сортов клевера лугового содержалось 0,3–0,7% фосфора, 1,2–2,4 – калия и 0,5–1,1% кальция. Содержание сырой золы не превышало 7,2–8,1%, что соответствует ГОСТ Р 55452-2013. Содержание сырого протеина сортов клевера составило 12,1–17,6% при норме не менее 12%. Наименьшее содержание сырой клетчатки – 26,8 и 27,1% наблюдалось в сухом веществе сортов ВИК-77 и Даяна.

4. Наибольший выход обменной энергии (49,6 и 51,4 ГДж/га), переваримого протеина (0,60 и 0,65 т/га) и кормовых единиц (3,87 и 3,89 тыс. к. ед/га) отмечен у сортов Даяна и Милена.

5. Семенная продуктивность сортов клевера лугового была на уровне 155–246 кг/га, наибольшая (225–246 кг/га) – у сортов Даяна, Крыния, ВИК-77, Ганимед. Урожайность сортов Милена и Метис (198 и 205 кг/га соответственно) была на уровне стандарта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the european part of Russia* / A.A. Kutuzova, E.E. Provornaya, E.G. Sedova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 012031. – <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/663/1/012031>.
2. *Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И., Фатыхов И.Ш.* Питательная ценность и продуктивность агрофитоценозов многолетних трав на основе клевера лугового тетрапloidного в условиях

- Среднего Предуралья // Кормопроизводство. – 2020. – № 7. – С. 18–22. – DOI:10.25685/KRM.2020.7.2020.002.
3. Касаткина Н.И. Формирование семенной продуктивности клевера лугового тетрапloidного в зависимости от технологических приемов // Вестник НГАУ. – 2017. – № 2 (43). – С. 32–40.
 4. Байкарова Л.П., Власова Т.С. Питательная ценность кормовой массы в зависимости от нормы высева и режима скашивания многолетних бобовых трав // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 6. – С. 122–129. – doi.org/10.36718/1819-4036-2021-6-122-129.
 5. Петрук В.А. Урожайность многолетних трав и травосмесей при разных сроках посева в Западной Сибири // Вестник НГАУ. – 2020. – № 1(54). – С. 24–32. – doi.org/10.31677/2072-6724-2020-54-1-24-32.
 6. Бушуева В. И., Ковалевская Л.И. Результаты селекции клевера лугового различных групп спелости // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 90–98.
 7. Eliseev S.L., Akmanaev E.D., Likhachev S.V. Productivity of red clover in the environmental conditions of different relief elements // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Т. 23, N 9. – С. 1171–1175.
 8. Переправо Н.И., Золотарев В.Н., Георгиади Н.И. Состояние и перспективы развития клеверосеяния и семеноводства клевера разных видов в России // Адаптивное кормопроизводство. – 2015. – № 1. – С. 14–27.
 9. Золотарев В.Н., Косолапов В.М., Переправо Н.И. Состояние травосеяния и перспективы развития семеноводства многолетних трав в России и Волго-Вятском регионе // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1 (56). – С. 28–34.
 10. Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С., Фатыхов И.Ш. Клевер луговой в растениеводстве Удмуртской Республики // Интеллектуальный вклад тюркоязычных ученых в современную науку: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию Татарского общественного центра Удмуртии. – Ижевск : Изд-во Ижев. ГСХА, 2021. – С. 230–235.
 11. Арзамасова Е.Г., Попова Е.В., Грипась М.Н. Предварительная оценка сортопопуляций клевера лугового селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. – Вып. 23 (71). – М.: ООО «Угрешская типография», 2020. – С. 28–32.
 12. Донских Н.А., Михайлова А.Г., Пивень М.Г. Сравнительная оценка разных сортов клевера лугового при возделывании на кормовые и семенные цели // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 60. – С. 9–16. – doi.org/10.24411/2078-1318-2020-13009.
 13. Мазин А.М. Урожайность сортов клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) иностранной селекции // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4. – С. 7–12.
 14. Спиридовон А.М., Мазин А.М. Сортовые особенности клевера лугового в условиях Северо-Запада России // Аграрная Россия. – 2020. – № 7. – С. 11–16. – doi.org/10.30906/1999-5636-2020-7-11-16.
 15. Смурыгин М.А., Михайличенко Б.П., Переправо Н.И. Методические указания по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав. – М.: ВНИИ кормов, 1986. – 135 с.
 16. Новоселов Ю.К., Киреев В.Н., Кутузов Г.П. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.
 17. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. – М.: ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.
 18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
 19. Постников П.А., Попова В.В., Васина О.В. Продуктивность и биохимический состав клевера лугового при двухгодичном использовании в зернотравяном севообороте // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – № 6. – С. 39–43. – doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10607.

REFERENCES

1. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G., Tsybenko N.S., Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European part of Russia, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 012031, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/663/1/012031>.
2. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I., Fatykhov I.Sh., *Kormoproizvodstvo*, 2020, No. 7, pp. 18–22. (In Russ.)
3. Kasatkina N.I., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2 (43), pp. 32–40. (In Russ.)
4. Baikalova L.P., Vlasova T.S., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 6, pp. 122–129. (In Russ.)
5. Petruk V.A., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 1 (54), pp. 24–32. (In Russ.)
6. Bushueva V.I., Kovalevskaya L.I., *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2019, No. 4, pp. 90–98. (In Russ.)
7. Eliseev S.L., Akmanaev E.D., Likhachev S.V., Productivity of red clover in the environmental conditions of different relief elements, *World Applied Sciences Journal*, 2013, Vol. 23, No. 9, pp. 1171–1175.
8. Perepravo N.I., Zolotarev V.N., Georgiadi N.I., *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, 2015, No. 1, pp. 14–27. (In Russ.)
9. Zolotarev V.N., Kosolapov V.M., Perepravo N.I., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2017, No. 1 (56), pp. 28–34. (In Russ.)
10. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S., Fatykhov I.Sh., *Intellektual'nyi vklad tyurkoyazychnykh uchenykh v sovremennoy nauke* (The intellectual contribution of Turkic-speaking scientists to modern science), Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 30th anniversary of the “Tatar Public Center of Udmurtia”, Izhevsk : Izd-vo Izhevskaya GSKhA, 2021, pp. 230–235. (In Russ.)
11. Arzamasova E.G., Popova E.V., Gripas' M.N., *Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo* (Multifunctional adaptive forage production), collection of scientific papers, Issue 23 (71), Moscow: OOO “Ugreshskaya tipografiya”, 2020, pp. 28–32. (In Russ.)
12. Donskikh N.A., Mikhailova A.G., Piven' M.G., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 60, pp. 9–16. (In Russ.)
13. Mazin A.M., *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2019, No. 4, pp. 7–12. (In Russ.)
14. Spiridonov A.M., Mazin A.M., *Agrarnaya Rossiya*, 2020, No. 7, pp. 11–16. (In Russ.)
15. Smurygin M.A., Mikhailichenko B.P., Perepravo N.I., *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovanii v semenovodstve mnogoletnikh trav* (Guidelines for conducting research in seed production of perennial grasses), Moscow: VNII kormov, 1986, 135 p.
16. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P., *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami* (Guidelines for conducting field experiments with fodder crops), Moscow: Rossel'khozakademiya, 1997, 156 p.
17. Kosolapov V.M., Chuikov V.A., Khudyakova Kh.K., *Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza* (Mineral elements in feed and methods for their analysis), Moscow: OOO “Ugreshskaya tipografiya”, 2019, 272 p.
18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment methodology), Moscow: Kolos, 1985, 416 p.
19. Postnikov P.A., Popova V.V., Vasina O.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2021, No. 6, pp. 39–43. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-46-54

УДК 634:11:631.559:631.816.12

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И ИХ ДЕЙСТВИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ГРУШИ

Н.И. Матвеева, кандидат педагогических наук

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

E-mail: matni29@mail.ru

Ключевые слова: груша, регулятор роста, прирост, завязь, штамб, прибавка урожая, плод.

Реферат. Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» в 2019–2021 гг. Объектом изучения был плодоносящий сорт Талгарская красавица. Контролем служили деревья груши без обработки. Предметом испытаний являлись препараты природного происхождения Оберег и Завязь плодовая. Анализ показал, что на фоне контроля оба препарата ускорили созревание плодов, наиболее всего препарат Завязь. Экспериментальные данные обработаны с помощью метода дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. Учёты и наблюдения проводились в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1999). Почвенный покров участка представлен светло-каштановыми, карбонатными, мощными и среднемощными почвами с содержанием гумуса в пахотном слое 0–40 см 1,02 %. Созревание плодов в вариантах с использованием Завязи наступило на 7–10 дней раньше контроля и на 7 дней раньше вариантов с Оберегом. В вариантах с применением регуляторов роста бурой пятнистостью поражены были лишь единичные листья. Повреждение медяницей и тлей не превышало 12–16 %. В итоге препарат Завязь стимулировал более раннее созревание плодов, а Оберег увеличивал устойчивость к критическим температурам. Совместная обработка препаратами Оберег и Завязь обеспечила наибольшую товарность: выход плодов высшего и первого сорта, одномерность плодов. Товарность плодов составила 74–91 %, а в контроле всего 66,0%.

GROWTH REGULATORS AND THEIR EFFECTS ON BIOLOGICAL SIGNS OF PEAR

N.I. Matveeva, PhD in Pedagogical Sciences

Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, the village of Saline Zaymishche, Astrakhan region, Russia

E-mail: matni29@mail.ru

Keywords: pear, growth regulator, growth, ovary, bole, yield increase, fruit.

Abstract. The research was carried out at the experimental site of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in 2019-2021. The object of study was the fruit-bearing variety Talgar beauty. Pear trees lived under control without processing. The subject of the tests was preparations of natural origin Amulet and Ovary fruit. The analysis showed that against the background of management, both drugs accelerated fruit ripening, most of all the Ovary drug. Experimental data were processed using the method of dispersion analysis according to B.A. Dospekhov. Records and observations were carried out per the Program and methodology of various fruit, berry and nut crop studies (1999). The soil cover of the site is represented by light chestnut, carbonate, thick and medium-sized soils with a humus content of 0.40 cm 1.02% in the arable layer. The ripening of the fruits in the Ovary variants occurred 7-10 days earlier than the control and seven days earlier than the Amulet variants. Only single leaves were affected by brown spotting in variants using growth regulators. The damage caused by honeydew and aphids did not exceed 12-16%. As a result, the Ovary drug stimulated earlier fruit ripening, and the Amulet increased resistance to critical temperatures. Joint treatment with Amulet and Ovary preparations provided the most significant marketability: the yield of fruits of the highest and first grade, the one-dimensionality of fruits. The marketability of fruits was 74-91%, and in control, only 66.0%.

Климат Астраханской области очень засушливый и резко-континентальный. Минимальное количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет

сухость почвы и воздуха. Однако факторов, способствующих улучшению экономического фона сельскохозяйственной производственной деятельности за счет оптимальной

структуры садоводства, достаточно много. В настоящее время на первый план выходит экологическая составляющая, обеспечивающая безопасность продуктов и условий возделывания садовых культур.

Одним из актуальных направлений сохранения окружающей среды, защиты сельскохозяйственных культур и повышения их устойчивости к губительным неорганическим факторам стало применение препаратов, управляющих ростом растений, полифункциональных средств биоцидной и небиоцидной природы, которые, кроме регулирования ростовых процессов, характеризуются иммуностимулирующим и антистрессовым действием. В засушливых условиях Астраханской области изучалось действие препаратов управления ростом Завязь плодовая и Оберег на качество и урожайность плодов груши, а также стойкость деревьев к болезням и стрессам.

Цель исследований заключалась в изучении действия регуляторов роста на биологические и хозяйственныe показатели груши; определении оптимальных норм их применения; установлении сроков и кратности применения препаратов; устойчивости груши к болезням и воздействию погодных катализмов в остроаридных условиях Астраханской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановым почвами. Содержание легкогидролизуемого азота 24,4 мг/кг, подвижного фосфора – 26,4, обменного калия – 368 мг/кг почвы. Участок орошаемый, грунтовые воды залегают ниже 3,0 м. Характерные черты климата места проведения исследований – резкая континентальность, холодная малоснежная зима с частыми перепадами температуры, лето экстремально засушливое, жаркое, сопровождающееся постоянными суховеями. В течение года выпадает крайне малое количество осадков – 240–250 мм. Испаряемость в 4–5 раз превышает количество выпавших осадков.

Предмет исследований – регуляторы роста природного происхождения Завязь плодовая и Оберег. Препартивная форма Оберега – раствор 0,15 г/л арахидоновой кислоты. Назначение – повышение устойчивости растений к болезням, стрессам, стимуляция роста и развития. Действующее вещество – арахидоновая кислота – ненасыщенная жир-

ная кислота природного происхождения, выделяется из натурального сырья. Механизм действия препарата – системный характер действия, индуцирует в растениях защитные реакции, повышает их устойчивость как к стрессовым условиям, так и к заболеваниям. Основная особенность – стимуляция роста и развития растений, повышение урожайности и качества плодов.

Завязь плодовая – растворимый в воде порошок. Активизирует завязывание плодов, предотвращая опадение завязей, ускоряя их рост. Усиливает устойчивость к пониженным температурам, увеличивая сбор плодов и общий уровень урожайности. Действующее вещество – гиббереллин (растворимая форма), растительный гормон природного происхождения. Влияет на рост и образование плодов. Гиббереллин способствует прорастанию пыльцы, пыльцевой трубки и образованию бессемянных плодов. Способствует увеличение общего раннего урожая на 28% и выше.

В междурядьях груши почва содержалась под чёрным паром. В области рядов было естественное залужение с периодическим скашиванием. Один раз в три года проводилась вспашка на глубину 20–25 см, около штамбов деревьев – на глубину 15–17 см. В ранневесенний период проводилось боронование между рядами в два следа на глубину 3–5 см. Во время вегетации осуществлялось шесть поливов насаждений груши: первый полив – в фазу распускания почек (апрель), второй – в период роста побегов (май), третий – в июне, четвертый и пятый – в фазу интенсивного роста побегов (июль), шестой – в августе. Норма полива – 550–650 м³/га. Осенью, в конце вегетации (конец октября – начало ноября), обязательно проводился влагозарядковый полив нормой 1250–1500 м³/га.

В феврале и марте каждый год производят обрезку однолетних побегов. Обрезка веток деревьев проходила по уровневой, филированной схеме. Такая конфигурация подходит для всех типов деревьев. Для борьбы с вредителями и болезнями на груше ежегодно проводилась химическая обработка 6 раз за период вегетации: первая – по зимующим стадиям, вторая – в фазе зеленого конуса, затем – по окончании опадания лепестков от цветков и еще три обработки в момент плодообразования.

Запас влаги в метровом слое светло-каштановой почвы под грушей к началу вегетации составлял 139,4–192,5 мм. Но из-за высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха, штормовых восточных ветров,

которые обычно дуют в первой половине апреля, очень сильно возрастало потребление воды из поверхностного слоя почвы. Поэтому первый полив нормой 600–700 м³/га производился в первой декаде мая. Последующие пять поливов за сезон назначались через 20–25 дней.

Во время вегетационного периода (апрель – сентябрь) почвенный слой был насыщен влагой в интервале 79,7–89,9 %, а по горизонтам – от 47,7 до 95,1% НВ (табл. 1).

К моменту проведения первого полива под насаждениями груши произошло весомое снижение запаса влаги по горизонтам – от 42,6–88,5 % НВ.

Количество почвенной влаги в июне по горизонтам около 60 см колебалось в пределах 42,1–65,5 % НВ, а на уровнях 70–100 см в летние месяцы замечалась нехватка воды (33–50 % НВ). В метровом слое почвы содержание влаги в июле и августе варьировало в пределах 63,6–47,5%.

Таблица 1

Влажность почвы под посадками груши, % НВ
Soil moisture under pear plantings, % LMC (Lowest moisture capacity)

Горизонт, см	Дата анализа				
	15.04	14.05	9.06	22.07	20.08
0–10	83,97 79,73	75,36 66,31	53,71 29,62	41,28 54,04	36,09 47,26
10–20	93,14 93,62	58,87 52,23	58,17 50,34	28,35 65,93	22,12 50,17
20–30	97,10 93,06	70,25 88,47	72,19 65,50	56,05 62,86	46,14 49,18
30–40	97,10 95,06	70,25 88,47	42,85 64,40	38,12 73,78	32,11 56,13
40–50	72,23 91,55	53,61 54,39	32,05 42,09	30,53 71,42	28,17 68,13
50–60	72,23 81,55	53,61 54,39	33,85 48,33	32,16 71,03	30,16 73,14
60–70	45,25 90,41	59,56 52,52	27,37 46,24	17,84 91,06	16,41 80,17
70–80	45,25 90,41	59,56 52,52	22,12 33,03	16,03 54,52	15,13 73,06
80–90	23,44 47,70	22,59 42,65	16,19 45,37	20,96 45,63	17,13 76,04
90–100	23,44 47,70	22,59 42,65	14,55 50,00	16,20 40,03	14,05 62,81
0–100	65,30 89,90	54,62 59,46	37,31 47,49	31,99 63,13	25,75 63,61

Примечание. В числителе – в междуурядьях (пар), в знаменателе – в рядах груши.

Note. In the numerator – in the aisles (pairs), in the denominator – in the rows of a pear.

Наиболее высокий недостаток влаги был отмечен в августе. Даже поливы не обеспечили необходимого увлажнения. В поверхностных слоях 10–50 см почвенное увлажнение находилось в пределах 46–56 % НВ, а на уровнях от 50 до 100 см – 60–70% НВ. Промачивание метрового уровня составляло в среднем 65,6%.

В зоне под паром (контроль) во время периода вегетации понемногу происходило иссушение метрового слоя почвы с 65,3 (в мар-

те) до 25,7 % НВ (в августе). Суммарное водопотребление в расчете на метровый слой почвы за исследуемый период составило, мм:

Запас влаги в начале вегетации	137,6
Поступление влаги за вегетацию	
от осадков	75,5
от полива	604,0
всего	679,5
Запас влаги в конце вегетации	72,3
Суммарное водопотребление	751,8

Объектом изучения был сорт Талгарская красавица. Сорт выведен в Казахском НИИ садоводства и виноградарства. Закладка опыта произведена по схеме «делянка – дерево». Вариантов пять, повторность семикратная. Расположение вариантов реномизированное. Схема посадки – 8 x 4 м. Испытываемые препараты Оберег и Завязь плодовая использовались в жидком виде. Насыщенность препарата Оберег – 1 мл/5 л воды. Завязь плодовая применялась из расчета 10 г/5 л воды, расход рабочего раствора каждого препарата – 400 л/га. Сроки обработки вариантов были привязаны к фазам развития деревьев. Варианты:

- 1) контроль без обработки;
- 2) одна обработка Оберегом в фазу обособления бутонов;
- 3) две обработки Оберегом в период обособления бутонов, промежуток после первой обработки 20–30 дней;
- 4) двукратная обработка Завязью – по завершении опадания лепестков и во время цветения;
- 5) смесь Оберега и Завязи плодовой. Оберег – одно опрыскивание в фазу обособления бутонов, Завязь – две обработки во время полного цветения, затем, когда отпадут лепестки, еще одна обработка.

Учёты и наблюдения проводились в соответствии с Программой и методикой сортопримечания плодовых, ягодных и орехоплодных культур [1, 2]. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления дат наступления основных периодов роста и развития плодового дерева необходимы фенологические наблю-

дения [3, 4]. У плодовых культур различают следующие фенофазы: распуск бутонов (генеративных, вегетативных); цветение; конец роста побегов; плодовая зрелость; листопад. Опыт показал, что опрыскивание деревьев Оберегом и Завязью плодовой не оказало влияния на период вступления деревьев в первый этап развития, т.е. раскрытие генеративных и вегетативных почек. Цветение также наступало одновременно во всех опытных вариантах (табл. 2).

Однако в прохождении последующих фаз развития деревьев наблюдались различия. В вариантах с применением препарата Оберег цветение закончилось на 1–2 дня раньше контроля, а листопад, наоборот, начинался позднее на 8–10 дней. В вариантах с использованием Завязи плодовой листопад завершился раньше, чем у контрольных деревьев, на 3–5 дней. При применении Оберега в чистом виде листопад окончился на 3–6 дней быстрее. В целом период вегетации деревьев, обработанных Завязью, был на 6 дней короче контроля. Отметим, что в условиях необычайно длительной засухи, наблюдавшейся в июле – августе 2021 г. (в течение 55 дней температура воздуха в дневное время была в интервале 38–41°C, а относительная влажность воздуха составляла всего 9–10 %), апробируемые препараты, преимущественно Оберег, увеличили стойкость деревьев к экстремальным температурам. Это проявилось в повышении жизнеспособности листьев, продолжительности их жизнедеятельности. К окончанию сезона деревья находились в отличном состоянии, поскольку усилился фотосинтез.

В отличие от контроля, оба препарата ускорили наступление плодовой зрелости. В вариантах с Завязью она отмечалась на 7–10 дней раньше, чем в контроле, а с Оберегом – на 5–8 дней.

Таблица 2

Влияние препаратов Оберег и Завязь плодовая на прохождение фенологических фаз груши
The effect of Amulet and Ovary preparations on the passage of the phenological phases of the pear

Вариант	Раскрытие почек		Цветение		Зрелость	Листопад		Кол-во дней от распуска почек до конца листопада	Общее состояние деревьев в конце сезона, баллов
	генеративных	вегетативных	начало	конец		начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль	5.04	18.04	20.04	7.05	23.09	24.09	31.10	213	3,7
Оберег – 1 обработка	5.04	18.04	19.04	6.05	16.09	3.10	1.11	215	4,5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оберег – 2 обработки	5.04	18.04	19.04	6.05	17.09	24.09	4.11	199	5,0
Завязь плодовая – 2 обработки	5.04	18.04	19.04	10.05	14.09	16.09	28.10	180	4,7
Оберег – 1 обработка + Завязь плодовая 2 обработки	5.04	18.04	19.04	10.05	15.09	14.09	30.10	189	4,8

Различия в состоянии деревьев наблюдались в конце сентября. Пожелтевшими были контрольные деревья и обработанные дважды Завязью, зелеными – в вариантах с обработкой Оберегом.

При изучении поражаемости болезнями и повреждаемости вредителями в полевых условиях (на естественном фоне) для сравнения используются показатели, полученные на специальных инфекционных участках [5, 6], где не применяются пестициды, способные оказать влияние на развитие изучаемых болезней или вредителей [7, 8]. На практике различия по поражаемости и повреждаемости сортов сохраняются обычно на фоне пестицидных обработок. Исходя из этого, проведение 6 обработок не повлияло на данные оценки результативности использования регуляторов Оберег и Завязь в защите сорта груши Талгарская красавица от вредителей и болезней.

Самыми распространенными вредителями на груше являются грушевая листокрутка и грушевая медяница (*Cacopsylla puri*), болели деревья преимущественно бурой пятнистостью.

стю (*Phyllosticta pirina*). Визуальная оценка всех вариантов по патогенам была проведена в один день. Подсчет повреждения листьев вредителями проводился в пору наибольшей вредоносности по 5-балльной шкале Л.А. Ищенко, А.П. Околелова (1984). Анализ поражаемости бурой пятнистостью проводился по шкале А. Лобанова и В.К. Заеца (1973) по окончании вегетации.

Результаты экспериментов с использованием регуляторов роста, показывают, что поврежденность заболеваниями и патогенами в опытных вариантах ниже по сравнению с контролем (табл. 3).

У деревьев без обработки (контроль) было повреждено грушевой медяницей и тлей 30% листьев, бурой пятнистостью – 25%.

В опытах с использованием препаратов были поражены бурой пятнистостью лишь одиночные листья, а поражение медяницей и тлей не превышало 12–16%. Наилучшее влияние из испытуемых вариантов на понижение повреждаемости вредителями и болезнями оказалась двукратная обработка Оберегом.

Таблица 3

Воздействие регуляторов роста на чувствительность груши к болезням и вредителям
The effect of growth regulators on the sensitivity of pears to diseases and pests

Варианты	Повреждаемость вредителями и поражаемость болезнями, баллов		
	тля	медяница	бурая пятнистость
Контроль	4,2	2,8	4,1
Оберег – 1 обработка	0,9	0,5	0,4
Оберег – 2 обработки	0,2	0,3	0,2
Завязь плодовая – 2 обработки	1,6	1,4	0,7
Оберег – 1 обработка + Завязь плодовая – 2 обработки	0,7	0,5	0,5

Совместное применение Оберега и Завязи по средним оценкам и rationalности воздействия уступало варианту с применением двукратной обработки Оберегом.

У груши цикл роста от цветения до созревания очень длительный. У сорта Талгарская красавица он составил в среднем 142 дня. При изучении динамики роста плодов по вариан-

там опыта не удалось установить каких-либо отличий между контролем и экспериментальными вариантами.

Интенсивный рост плодов во всех вариантах опыта, в том числе и в контроле, наблюдался в течение первого месяца после оплодотворения и составлял 3,49–3,71 см в высоту, 1,65–1,75 см в диаметре.

Затем рост плодов во всех вариантах замедлялся и усиливался дважды после окончания первой и второй волн роста побегов (се-

редина июля и конец августа соответственно) (табл. 4).

Таблица 4

Вариабельность роста плодов груши под влиянием регуляторов роста
Variability in the growth of pear fruits under the influence of growth regulators

Дата	Прирост плодов по вариантам, см				
	Контроль	Оберег – 1 обработка	Оберег – 2 обработки	Завязь – 2 обработки	Оберег – 1 обработка + Завязь – 2 обработки
1.06	<u>3,49</u> 1,65	<u>3,51</u> 1,67	<u>3,63</u> 1,66	<u>3,68</u> 1,75	<u>3,71</u> 1,69
8.06	<u>0,46</u> 0,29	<u>0,49</u> 0,32	<u>0,55</u> 0,35	<u>0,56</u> 0,36	<u>0,58</u> 0,33
15.06	<u>0,44</u> 0,31	<u>0,52</u> 0,35	<u>0,57</u> 0,36	<u>0,61</u> 0,38	<u>0,69</u> 0,38
14.07	<u>1,90</u> 1,20	<u>1,93</u> 1,23	<u>2,06</u> 1,25	<u>2,33</u> 1,27	<u>1,89</u> 1,22
4.08	<u>0,57</u> 0,66	<u>1,31</u> 0,71	<u>1,08</u> 0,89	<u>1,26</u> 0,85	<u>1,15</u> 0,74
14.08	<u>0,31</u> 0,29	<u>0,45</u> 0,36	<u>0,44</u> 0,33	<u>0,60</u> 0,41	<u>0,40</u> 0,32
25.08	<u>0,69</u> 0,36	<u>0,73</u> 0,35	<u>0,77</u> 0,44	<u>0,82</u> 0,53	<u>0,50</u> 0,25
14.09	<u>0,22</u> 0,12	<u>0,36</u> 0,23	<u>0,49</u> 0,20	<u>0,24</u> 0,14	<u>0,07</u> 0,22
Прирост за сезон	<u>8,08</u> 4,88	<u>9,30</u> 5,22	<u>9,59</u> 5,48	<u>10,10</u> 5,84	<u>9,00</u> 5,15
В конце вегетации	<u>11,65</u> 6,63	<u>12,82</u> 6,79	<u>13,12</u> 7,10	<u>13,36</u> 7,34	<u>12,40</u> 6,73

Примечание. В числителе – высота плода; в знаменателе – диаметр.

Note. The numerator – is the height of the fetus; the denominator is the diameter.

Наблюдения за динамикой роста показали, что самые крупные плоды, в отличие от контроля, формировались на деревьях, обработанных испытуемыми регуляторами роста. Ко времени созревания плоды на экспериментальных деревьях превосходили контрольные на 0,7–1,62 см по высоте и 0,13–0,61 см по диаметру. При этом наиболее интенсивный рост плодов в обоих измерениях в течение всего периода происходил в варианте с двукратной обработкой Завязью.

Таким образом, испытуемые регуляторы роста усиливали формообразовательные процессы. Наилучшим оказался препарат Завязь, при двукратной обработке которым рассматриваемые показатели роста плодов были максимальными (10,10 см – прирост высоты, 5,84 см –диаметр).

Урожайность плодовых растений, в том числе груши, определяется совокупностью физиологических процессов, завязываемостью, силой цветения, опадением завязи, массой плодов [9–11].

При исследовании воздействия Оберега и Завязи на генеративные процессы сорта груши Талгарская красавица выявлено, что все опытные варианты превосходили контроль по силе цветения. Двукратная обработка деревьев Завязью плодовой способствовала наиболее интенсивному цветению деревьев (табл. 5) [12, 13].

В летний период груша отрицательно реагирует на высокую температуру воздуха в сочетании с низкой относительной влажностью. В экстремально жарких условиях 2020 г. опадение завязи было очень сильным.

Таблица 5

Действие регуляторов роста на интенсивность цветения груши и опадение завязи
The effect of growth regulators on the intensity of pear blossom and ovary falls

Вариант	Сила цветения, баллов	Осыпание завязи	
		%	± к контролю
Контроль	3,7	94,7	
Оберег – 1 обработка	4,2	91,8	-2,9
Оберег – 2 обработки	4,5	87,0	-7,7
Завязь плодовая – 2 обработки	5,2	75,6	-19,1
Оберег – 1 обработка + Завязь плодовая – 2 обработки	4,7	88,5	-6,2

Оберег и Завязь плодовая уменьшали опадение завязи на 2,9–19,1% по отношению к контролю. Дружная бутонизация наблюдалась в опыте с двухразовой обработкой регулятором Завязь. Доказательством хорошего

опыления в этом варианте оказалось максимальное уменьшение опадения завязи (19,1%). Это определило достаточно хорошую прибавку урожайности (табл. 6).

Таблица 6

Действие препаратов Оберег и Завязь плодовая на продуктивность груши
The development of Amulet and Ovary preparations on the productivity of pears

Вариант	Масса плода, г	Урожайность		Рост продуктивности		Увеличение к контролю, %
		кг/ на 1 дерево	т/га	т/га	%	
Контроль	108	23,9	7,4	-	-	-
Оберег – 1 обработка	112	25,1	8,0	0,6	11,3	3,4
Оберегом – 2 обработки	117	28,3	9,0	1,6	18,7	7,5
Завязь плодовая – 2 обработки	127	34,2	11,6	4,2	39,2	14,4
Оберег – 1 обработка + Завязь плодовая – 2 обработки	110	26,6	8,1	0,7	8,1	1,8
HCP ₀₅	6,1					

Рост продуктивности в опытных вариантах по отношению к контролю составил от 0,7 до 4,2 т/га, или 8,1–39,2%. Достаточно хорошее увеличение продуктивности было получено при двухразовой обработке деревьев Завязью плодовой (4,2 т/га, т.е. 39,2%).

Наиболее крупные плоды также сформировались в варианте с двукратной обработкой

Завязью. Масса плода составила 127 г против 108 г в контроле и от 110 до 117 г в других вариантах.

Нами было отмечено, что при использовании регуляторов роста товарные свойства плодов также были отличного качества (табл. 7).

Таблица 7

Воздействие регуляторов роста на товарные признаки плодов груши
The impact of growth regulators on the commodity characteristics of pear fruits

Вариант	Товарность плодов по сортам, кг					Пригодность плодов, %	Структурность плодов		
	масса плодов в пробе	из них							
		высший	I сорт	II сорт	III сорт				
1	2	3	4	5	6	7	8		
Контроль	13	3,2	3,6	2,5	1,4	66,0	Не одномерные		
Оберег – 1 обработка	13	3,6	4,2	2,2	0,9	74,0	Средней одномерности		

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Оберег – 2 обработки	13	3,7	4,0	2,0	0,7	76,0	Средней одномерности
Завязь плодовая – 2 обработки	13	4,7	4,2	1,4	0,5	85,0	Одномерные
Оберег – 1 обработка + Завязь плодовая – 2 обработки	13	4,9	4,7	1,2	0,4	91,0	Одномерные

По сравнению с контролем в вариантах с Оберегом и Завязью плоды были одномерными [14, 15], а пригодность их достигала 74,0–91,0 %. Урожай плодов высшего и первого сортов превысил контроль на 5,3–4,8 кг.

ВЫВОДЫ

1. Во всех вариантах опыта, в сравнении с контролем, отмечалась высокая товарность

плодов груши, значительная доля высшего и первого сортов. Пригодность плодов была на высоком уровне – от 74,0 до 91,0 % против 66,0% в контроле.

2. Обработка Завязью плодовой в сочетании с Оберегом обеспечила наилучшую структурность плодов.

3. Наибольший результативный эффект на все товарные признаки оказал регулятор роста Завязь плодовая.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова, д-ра с.-х. наук Т.П. Огольцовой. – Орел: Изд-во Всерос. НИИ селекции плодовых культур, 1999. – С. 46–47.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
3. Туз А.С. *Pyrus L.* – Груша // Культурная флора СССР. – М., 1983. – С. 126–234.
4. Бандурко И.А. Сортоизучение и селекция груши: учеб. пособие для аспирантов с.-х. направления. – Майкоп: Изд-во МГТУ, 2016. – 132 с.
5. Иваненко Е.Н., Филимонов И.М. Влияние минеральных питательных веществ (NPK) на молодые плодовые насаждения в условиях аридной зоны Прикаспия // Агрехимический вестник. – 2019. – № 6. – С. 5–6.
6. Трунов Ю.В. Минеральное питание и удобрение яблони: науч. изд. – Воронеж: Квартал, 2015. – 400 с.
7. Влияние некорневых подкормок на продуктивность и качество плодов груши в условиях степной зоны Южного Урала / А.И. Лохова, А.М. Русанов, С.Е. Мережко, А.А. Мушинский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (86). – С. 95–98.
8. Лохова А.И., Аминова Е.В., Мурсалимова Г.Р. Влияние перспективных агрехимических препаратов на биологические показатели груши // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – Т. 59. – С. 330–334.
9. Елисеев С.Л., Ренёв Е.А., Катаев А.С. Влияние схемы посадки и массы посадочного клубня на урожайность и качество зеленой массы топинамбура в Среднем Предуралье // Вестник НГАУ. – 2020. – № 6 (3). – С. 29–37. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-56-3-29-37>.
10. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние регуляторов роста на органогенез жимолости при клonalном микроразмножении // Вестник НГАУ. – 2018. – № 6 (4). – С. 36–42. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42>.
11. Исходный материал с геномом *Ae. tauschii* для селекции на расонеспецифическую устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине / И.В. Потоцкая, В.П. Шаманин, В.Е. Пожерукова [и др.] // Вестник НГАУ. – 2018. – № 3 (48). – С. 62–69. – <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-62-69>.

12. Tränkner M., Tavakol E., Jákli B. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection // *Physiologia Plantarum*. – 2018. – Vol. 163. – P. 414–431. – DOI:10.1111/ppl.12747.
13. Wójcik P., Filipczak J. Prognosis of the nutritional status of apple trees based on prebloom leaves and flowers // *J. Plant Nutr.* – 2019. – Vol. 42, N 16. – P. 2003–2009.
14. Uçgun K., Altindal M., Cansu M. Usage of Shoot Analysis to Assess Early Season Nutritional Status of Apple Trees // *Erwerbsobstbau*. – 2018. – Vol. 60, N 2. – P. 113–117. – DOI:10.1007/s10341-017-0342-x.
15. Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.П. Руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве. – М., 2018. – 248 с.

REFERENCES

1. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* (Program and methodology Sorto-learned Fruit, Berry, and oreko - fruit, fruit, and fruit), Orel: Izd-vo Vseross. NII selektsii plodovykh kul'tur, 1999, pp. 46–47.
2. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field operations (based on statistical processing of results and investigations)), Moscow: Alaska, 2011, 350 p.
3. Tuz A.S., *Kulturna flora USSR*, Moscow, 1983, pp. 126–234. (In Russ.)
4. Bandurko Yi.A., *Sortoizuchenie i selektsiya grushi* (Variety learning and selection of grushi), Maykop: MGTU, 2016, 132 p.
5. Ivanenko E.N., Filimonov I.M., *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2019, No. 6, pp. 5–6. (In Russ.)
6. Trunov Yu.V., *Mineral'noe pitanie i udobrenie yabloni* (Mineral nutrition and comfort jabloni), Voronezh: Kvarta, 2015, 400 p.
7. Likhova A.I., Rusanov A.M., Merezhko S.E., Mushinsky A.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 6 (86), pp. 95–98. (In Russ.)
8. Likhova A.I., Aminova E.V., Mursalimova G.R., *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2020, T. 59, pp. 330–334. (In Russ.)
9. Eliseev S.L., Renev E.A., Kataev A.S., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 6 (3), pp. 29–37, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-56-3-29-37>. (In Russ.)
10. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., *Vestnik NGAU*, 2018, No. 6 (4), pp. 36–42, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42>. (In Russ.)
11. Pototskaya I.V., Shamanin V.P., Pozherukova V.E. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2018, No. 3 (48), pp. 62–69, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-48-3-62-69>. (In Russ.)
12. Tränkner M. [et al.], Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection, *Physiologia Plantarum*, 2018, Vol. 163, pp. 414–431, DOI:10.1111/ppl.12747.
13. Wójcik P. [et al.], Prognosis of the nutritional status of apple trees based on prebloom leaves and flowers, *J. Plant Nutr.*, 2019, Vol. 42, No. 16, pp. 2003–2009.
14. Uçgun K. [et al.], Usage of Shoot Analysis to Assess Early Season Nutritional Status of Apple Trees, *Erwerbsobstbau*, 2018, Vol. 60, No. 2, pp. 113–117, DOI:10.1007/s10341-017-0342-x.
15. Sychev V.G., Shapoval O.A., Mozharova I.P., *Rukovodstvo po provedeniyu registratsionnykh ispytaniy agrokhimikatov v sel'skom khozyaystve* (Guidelines for conducting registration tests of agrochemicals in agriculture), Moscow, 2018, 248 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-55-63

УДК 633.111.1:631.559

ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К.К. Мусинов, научный сотрудник

А.С. Сурначёв, научный сотрудник

В.Е. Козлов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, р. п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: sibniirs@bk.ru

Ключевые слова: озимая пшеница, корреляция, осадки, гидротермический коэффициент, температура, урожайность.

Реферат. Температура воздуха и влагообеспеченность являются основными экологическими факторами, оказывающими существенное влияние на развитие растений в вегетационный период. Цель настоящего исследования – изучить связь урожайности и слагающих ее элементов с климатическими факторами и показать их роль в формировании продуктивности озимой пшеницы. Исследования проводились в 2009–2022 гг. на полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала Института цитологии и генетики СО РАН. Материалом исследований служили сорта и селекционные линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания. Выявлена положительная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода ($r = 0,78$; $r = 0,73$), продуктивной кустистостью ($r = 0,59$; $r = 0,64$), высотой растений ($r = 0,60$; $r = 0,58$), числом зерен с растения ($r = 0,66$; $r = 0,67$). Коэффициент корреляции урожайности с ГТК и суммой осадков в период «трубкование – колошение» составил $r = 0,66$ и $r = 0,67$ соответственно. Наблюдается достоверная отрицательная корреляция устойчивости к полеганию как с ГТК, так и с осадками ($r = -0,63$; $r = -0,56$). Коэффициент корреляции ГТК и количества осадков с устойчивостью к полеганию в межфазный период «колошение – восковая спелость» было достоверным ($r = 0,55$). ГТК в период «колошение – восковая спелость» находился в прямой зависимости с показателем натуры зерна $r = 0,60$, а количество осадков с массой 1000 зерен $r = 0,58$. За весь период весенне-летней вегетации коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков с продолжительностью вегетационного периода составил $r = 0,63$ и $r = 0,65$ соответственно, с высотой $r = 0,71$ и $r = 0,72$, устойчивостью к полеганию $r = -0,68$ и $r = -0,64$ и общей хлебопекарной оценкой $r = -0,62$ и $r = -0,63$. Сумма осадков на протяжении всего периода весенне-летней вегетации оказывает положительное влияние на массу зерна с растения ($r = 0,57$). Сумма эффективных температур имеет положительную сопряженность с натурой зерна в период «трубкование – колошение» ($r = 0,65$). Коэффициент корреляции суммы эффективных температур с количеством клейковины в период «колошение – восковая спелость» $r = 0,74$, за весь период весенне-летней вегетации $r = 0,67$.

INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE SPRING-SUMMER VEGETATION ON THE FORMATION OF WINTER WHEAT YIELD UNDER THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

K.K. Musinov, Researcher

A.S. Surnachev, Researcher

V.E. Kozlov, PhD. in Agricultural Sciences, Senior researcher

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding - a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, b. pos. Krasnoobsk, st. S-100, building 21

E-mail: sibniirs@bk.ru

Keywords: winter wheat, correlation, precipitation, hydrothermal coefficient, temperature, yield.

Abstract. Air temperature and moisture availability are the main environmental factors that have a significant impact on the development of plants during the growing season. The aim of this study is to study the relationship of yield and its constituent elements with climatic factors and to show their role in the formation of productivity of winter wheat. The research was carried out in 2009-2022 in the fields of the Siberian Research Institute of

Plant Growing and Breeding, a branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The research material was varieties and breeding lines of winter soft wheat of competitive variety testing. A positive dependence of the amount of precipitation and the hydrothermal coefficient in the interphase period “resumption of vegetation - trumpeting” with the duration of the growing season ($r = 0.78$; $r = 0.73$), productive tillering ($r = 0.59$; $r = 0.64$) was revealed, plant height ($r = 0.60$; $r = 0.58$), number of grains per plant ($r = 0.66$; $r = 0.67$). The correlation coefficient of productivity with the HTC and the amount of precipitation was $r = 0.66$ and $r = 0.67$, respectively, in the period of “booting - earing”. There is a significant negative correlation of resistance to lodging with both HTC and precipitation ($r = -0.63$; $r = -0.56$). The correlation coefficient of the HTC and the amount of rainfall with resistance to lodging in the interphase period “heading - wax ripeness” was significant ($r = 0.55$). HTC in the period “heading - wax ripeness” was directly proportional to the grain size index $r = 0.60$ and the amount of precipitation with a mass of 1000 grains $r = 0.58$. For the entire period of spring-summer vegetation, the correlation coefficient of the HTC and the amount of rainfall with the duration of the growing season was $r = 0.63$ and $r = 0.65$, respectively, with a height of $r = 0.71$ and $r = 0.72$, resistance to lodging $r = -0.68$ and $r = -0.64$ and overall bakery score $r = -0.62$ and $r = -0.63$. The amount of precipitation throughout the entire spring-summer vegetation has a positive effect on the grain weight per plant ($r = 0.57$). The sum of effective temperatures has a positive relationship with the nature of the grain in the period of “booting - heading” ($r = 0.65$). The correlation coefficient of the sum of effective temperatures with the amount of gluten in the period “heading - wax ripeness” $r = 0.74$ for the entire spring-summer vegetation $r = 0.67$.

В повышении производства зерна в Западной Сибири важная роль принадлежит озимым культурам. В настоящее время достигнуты значительные успехи в селекции озимой пшеницы. За последние 10 лет в реестр селекционных достижений по Западной Сибири включены новые сорта сибирской селекции: Новосибирская 3, Новосибирская 2, Зимушка, Обская озимая, Прииртышская, Краснообская озимая. В благоприятные годы продуктивность этих сортов составляет 5,0–7,5 т/га, однако в годы с малоснежными и суровыми зимами и с неблагоприятными условиями весенне-летнего периода урожайность значительно снижается.

Западная Сибирь считается зоной с рискованными условиями для стабильного получения высоких урожаев пшеницы. Климат данного региона отличается разнообразием, суровостью и изменчивостью во времени. Расширение посевов озимой пшеницы в Сибири зависит от создания новых форм, пригодных для стабильного возделывания в экстремальных условиях перезимовки и особенностей технологии их возделывания, которые должны быть направлены на уменьшение отрицательных воздействий на растения озимой пшеницы во все периоды вегетации [1]. Реализация генетического потенциала пшеницы в значительной степени зависит от факторов внешней среды [2]. Немаловажным фактором в условиях Сибири является регенерационная способность сорта к образованию максимального стеблестоя в засушливых условиях ранневесеннего периода.

Решающее влияние на урожайность культур очень часто оказывают агроклиматические условия вегетационного периода [3–6].

В настоящее время изменения урожайности большинства сельскохозяйственных культур на 60–80 % определяются факторами внешней среды, не зависящими от человека [7].

По данным ученых, в лесостепи Западной Сибири осадки июня и первой декады июля, которые составляют примерно 20 % годовой нормы, определяют 80 % изменчивости урожая зерна [8]. Период от выхода в трубку до колошения считается критическим для пшеницы, и в эту фенофазу влияние гидротермических условий является определяющим на формирование урожайности [6, 9, 10].

В связи с этим изучение связи урожайности озимой пшеницы и метеорологических условий вегетационного периода в условиях лесостепной зоны Западной Сибири достаточно актуально.

Цель настоящего исследования – выявить определяющие агроклиматические факторы, влияющие на рост и развитие растений озимой пшеницы в период весенне-летней вегетации; изучить связь урожайности и слагающих ее элементов с климатическими факторами и показать их роль в формировании продуктивности сортов озимой пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2009 – 2022 гг. на полях Сибирского НИИ растениеводства и селекции – филиала ИЦиГ СО РАН, расположенных в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. В качестве материала для исследований использовали со-

рта СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН, включенные в Государственный реестр селекционных достижений (Новосибирская 32, Новосибирская 40, Новосибирская 51, Новосибирская 3, Новосибирская 2, Обская озимая, Краснообская озимая, Памяти Чекурова) и селекционные линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания, включая Линию 151-32, проходящую государственное сортоиспытание с 2021 г. под названием Писаревская.

Почвенный покров опытного поля представлен черноземом выщелоченным среднеподзолистым малогумусным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–5,0 %, содержание K_2O – 104 мг/кг почвы, P_2O_5 – 284 [11].

В годы исследований погодные условия были контрастны как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности. Данные агрометеорологических показателей условий перезимовки озимой пшеницы, предоставленные ГМОС «Огурцово», показывают, что прекращение вегетации (переход через +5 °C) варьирует от третьей декады сентября (22 сентября в 2021 г.) до третьей декады октября (28 октября в 2020 г.). Снежный покров устанавливается в конце октября (25 октября в 2009 г. – ранний срок) или в первой и второй декадах ноября (20 ноября 2011 г. – поздний срок) и достигает в марте 30–65 см. Наиболее снежной зима была в 2016/17 г., когда высота снежного покрова достигала 70 см. Температура на глубине узла кущения (ГУК) за годы исследования не опускалась ниже -14 °C. Поля освобождаются от снега в первой де-

каде апреля (1 апреля в 2012 г. – ранний сход) или в начале третьей декады (21 апреля в 2010 г. – поздний сход снега). Весенняя вегетация (переход через +5 °C) наступает в конце первой декады апреля (10 апреля в 2012 и 2014 гг. – ранний срок) или в конце третьей декады (26 апреля в 2010 г. – поздний срок).

По теплообеспеченности зона исследований относится к умеренно теплому, недостаточно увлажненному району. Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой более 0°C – 185–195 дней. Сумма среднесуточных температур более 5°C – 2210°C, выше 10°C – 1800–1950°C. Самый теплый месяц – июль со среднемесячной температурой воздуха 17–20 °C, абсолютный максимум температуры летом 37–38 °C. Для изучаемого района характерно неустойчивое увлажнение с годовым количеством осадков 350–400 мм и гидротермическим коэффициентом (ГТК по Селянинову) 1,0–1,2.

Формирование продуктивности сортов озимой пшеницы за годы исследований проходило при различных гидротермических режимах. Самые засушливые условия сложились в 2012 г. – ГТК за вегетацию 0,3 (табл. 1). Засушливые условия наблюдались и в 2022 г. (ГТК 0,68). Вегетационный период с недостаточным увлажнением отмечен в 2010, 2011, 2020, 2021 гг. (ГТК 0,81–0,95). В 2014–2016 гг. сложились оптимальные гидротермические условия вегетации (ГТК 1,16–1,24). Избыточное увлажнение наблюдалось в вегетационные периоды 2009, 2013, 2017, 2019 гг. (ГТК 1,33–1,70).

Таблица 1

Гидротермические условия весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы (2009–2022 гг.)
Hydrothermal conditions of the spring-summer period of winter wheat vegetation (2009–2022)

Год	ГТК	Сумма осадков, мм	Сумма температур, °C
2009	1,70	216,4	1463
2010	0,95	126,2	1463
2011	0,86	109,6	1435
2012	0,30	38,9	1471
2013	1,58	214,2	1548
2014	1,16	145,8	1513
2015	1,24	179,2	1534
2016	1,22	154,8	1396
2017	1,43	194,6	1479
2019	1,33	171,9	1378
2020	0,81	123,5	1604
2021	0,85	125,6	1532
2022	0,68	94,2	1502

Агротехника в опытах – общепринятая для лесостепной зоны Западной Сибири. Посев проводили сеялкой ССФК -7 в сроки с 26 августа по 1 сентября, предшественник – чистый пар. Площадь делянки – 16 м², повторность – четырехкратная. Фенологические наблюдения и учеты проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Дисперсионный и корреляционный анализ данных проводили по Б.А. Доспехову [12] с использованием компьютерной программы СНЕДОКОР.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование урожайности – сложный многоступенчатый процесс, находящийся под воздействием целого комплекса внешних факторов. Температура воздуха и влагообеспеченность являются основными экологическими факторами, которые оказывают существенное влияние на развитие растений в вегетационный период [13]. Контрастные погодные условия в годы исследования позволили в полной мере оценить степень влияния

данных факторов на формирование урожая озимой пшеницы.

Урожайность озимой пшеницы за годы исследований варьировала от 2,14 т/га в 2012 г. до 6,36 т/га в 2021 г. – коэффициент вариации составил 30,1 % (табл. 2). Засушливые условия 2012 г. ускорили развитие растений, в этом году наблюдался самый короткий вегетационный период озимой пшеницы – 313 суток. Засуха во время формирования зерна привела к тому, что зерно сформировалось щуплое и мелкое – самые низкие показатели массы 1000 зерен за годы исследований (27,7 г). Это объясняет и самые низкие показатели массы зерна с растения – 4,02 г. Самый продолжительный вегетационный период наблюдался в 2013 г. (344 суток), когда было отмечено избыточное увлажнение. В этот же год сформировалось наибольшее число продуктивных побегов, что определило максимальные показатели массы зерна с растения (10,89 г) и числа зерен с растения (295 шт.) за годы исследования. Наименьшая продуктивная кустистость наблюдалась в 2017 и 2022 гг. – 4,4 шт. Минимальное число зерен с растения отмечено в 2022 г. – 115 шт.

Таблица 2

Основные хозяйствственно-ценные признаки озимой пшеницы (2009–2022 гг.)
The main economically valuable traits of winter wheat (2009–2022)

Признак	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	V, %
Урожайность, т/га	5,59	3,47	4,73	2,14	3,62	5,31	5,54	2,62	5,80	4,97	3,54	6,36	3,54	30,1
Вегетационный период, сут	334	334	322	313	344	321	321	319	324	324	323	326	320	2,5
Продуктивная кустистость, шт.	6,2	4,5	5,9	5,4	8,2	6,5	7,0	6,0	4,4	4,6	4,5	5,3	4,4	21,0
Высота растений, см	127	101	107	82	121	105	104	81	107	102	97	110	81	13,9
Полегание, баллов	4,0	4,4	4,2	4,5	4,3	4,2	4,0	4,4	4,2	4,3	4,6	4,7	4,7	5,4
Число зерен с растения, шт.	211	170	167	141	295	204	255	243	127	123	164	152	115	30,7
Масса зерна с растения, г	7,22	5,76	6,41	4,02	10,89	6,05	9,71	8,81	4,77	4,70	6,86	6,02	4,69	31,5
Масса 1000 зерен, г	35,7	36,2	38,8	27,7	37,8	29,3	38,7	36,9	35,8	38,5	42,7	41,0	43,1	12,2
Натура, г/л	783	810	804	774	743	781	788	794	814	806	769	806	789	2,5
Клейковина, %	21,9	22,5	18,3	30,1	27,2	28,4	27,8	27,4	26,6	19,4	30,1	23,9	25,3	15,2
Общая хлебопекарная оценка, баллов	3,1	3,8	3,5	4,0	3,5	4,0	3,6	3,8	3,3	3,8	4,1	3,6	3,7	7,8

Корреляционный анализ сопряженности урожайности и ее элементов с климатическими факторами по межфазным периодам позволил выявить определенные закономерно-

сти в формировании зерновой продуктивности озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. В межфазный период «возобновление вегетации – трубкование»

продолжается кущение растений озимой пшеницы, происходит закладка числа членников колосового стержня. Увеличение потенциала урожайности неразрывно связано с величиной стеблестоя.

Выявлена положительная корреляционная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода ($r = 0,78$; $r = 0,73$), продуктивной кустистостью ($r = 0,59$; $r =$

0,64), высотой растений ($r = 0,60$; $r = 0,58$), числом зерен с растения ($r = 0,66$; $r = 0,67$) (табл. 3, 4). Во время выхода в трубку интенсивно нарастает вегетативная масса, формируются генеративные органы. Поэтому в этот период роста пшенице необходим максимум воды. При избыточном увлажнении данная фаза затягивается, что приводит к повышению коэффициента кущения. С повышением кустистости увеличивается и озерненность растения.

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа основных хозяйственно-ценных признаков озимой пшеницы с ГТК (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits of winter wheat with HTC (2009–2022)

Признак	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	0,04	0,66*	0,55*	0,47
Вегетационный период, сут	0,73*	0,10	-0,06	0,63*
Продуктивная кустистость, шт.	0,64*	0,32	-0,33	0,44
Высота растений, см	0,58*	0,49	0,19	0,71*
Устойчивость к полеганию, баллов	-0,43	-0,63*	-0,40	-0,68*
Число зерен с растения, шт.	0,67*	0,34	-0,21	0,53
Масса зерна с растения, г	0,53	0,44	-0,16	0,53
Масса 1000 зерен, г	-0,32	0,23	0,17	0,06
Натура, г/л	-0,41	-0,03	0,60*	-0,08
Клейковина, %	-0,03	0,06	-0,39	-0,22
Общая хлебопекарная оценка, баллов	-0,21	-0,38	-0,51	-0,63*

* Достоверно на уровне 5 %.

Зависимость урожайности озимой пшеницы от осадков проявляется в большинстве межфазных периодов. Из таблиц видно, что гидротермические условия в период вегетации оказывали положительное влияние на урожайность. Осадки в период «трубкование – колошение» и «колошение – восковая спелость» имеют большое значение [10]. Наиболее существенным оно является в период «трубкование – колошение», что совпадает с IV–VIII этапами органогенеза. Коэффициент корреляции урожайности с ГТК и суммой осадков в период «трубкование – колошение» составил

$r = 0,66$ и $r = 0,67$ соответственно. Недобор осадков во время прохождения IV–VI этапов ухудшает условия формирования колоса и приводит, в первую очередь, к редуцированию верхних колосков и нередко самых нижних, что ведет в большинстве лет к значительному снижению урожайности. В то же время чрезмерное увеличение вегетативной массы отрицательно влияет на устойчивость пшеницы к полеганию. В наших исследованиях наблюдается достоверная отрицательная корреляция этого показателя как с ГТК, так и с осадками ($r = -0,63$; $r = -0,56$).

Таблица 4

Результаты корреляционного анализа основных хозяйствственно-ценных признаков с количеством осадков (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits with the amount of precipitation (2009–2022)

Признак	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	0,05	0,67*	0,55*	0,51
Вегетационный период, сут	0,78*	0,08	-0,08	0,65*
Продуктивная, кустистость, шт.	0,59*	0,26	-0,31	0,44
Высота растений, см	0,60*	0,47	0,17	0,72*
Устойчивость к полеганию, баллов	-0,39	-0,56*	-0,37	-0,64*
Число зерен с растения, шт.	0,66*	0,29	-0,19	0,54
Масса зерна с растения, г	0,54	0,41	0,21	0,57*
Масса 1000 зерен, г	-0,28	0,29	0,58*	0,15
Натура, г/л	-0,39	0,03	-0,33	-0,10
Клейковина, %	0,02	0,03	-0,50	-0,16
Общая хлебопекарная оценка, баллов	-0,18	-0,37	-0,21	-0,62*

* Достоверно на уровне 5 %.

Влияние ГТК и количества осадков на урожайность озимой пшеницы в межфазный период «колошение – восковая спелость» было меньше, чем в предыдущий период, но оставалось достоверным ($r = 0,55$). В эту фенофазу происходит формирование зерновки (VIII–XII этапы органогенеза). Засушливая погода на X этапе органогенеза приводит к укорачиванию зерновок, на XI этапе – к получению щуплых, невыполненных зерен [14]. ГТК в период «колошение – восковая спелость» находился в прямой зависимости и с показателем натуры зерна $r = 0,60$, а количество осадков – с массой 1000 зерен $r = 0,58$.

Большое количество осадков и низкие температуры во время весенне-летней вегетации растягивают продолжительность вегетации [15], коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков за весь период весенне-летней вегетации составил $r = 0,63$ и $r = 0,65$ соответственно. Условия увлажнения имеют также сильную прямую связь с высотой растений (коэффициент корреляции ГТК и суммы осадков $r = 0,71$ и $r = 0,72$), что, в свою очередь, влечет за собой и отрицательную зависимость с устойчивостью к полеганию ($r = -0,68$ и $r = -0,64$).

По нашим данным, общая хлебопекарная оценка имела отрицательную связь с выпаде-

нием осадков и ГТК на протяжении всего весенне-летнего периода ($r = -0,62$ и $r = -0,63$). Сумма осадков в течение всего периода весенне-летней вегетации оказывает положительное влияние на массу зерна с растения ($r = 0,57$). Обилие осадков в начале весенней вегетации увеличивает продуктивную кустистость и, в свою очередь, число зерен с растения, а осадки в конце вегетации повышают массу 1000 зерен, что в конечном итоге влияет на массу зерна с растения.

Влияние температурного режима на урожайность и качество пшеницы велико, но в наших исследованиях представление температуры в качестве обособленного параметра не отражает в полной мере важность отдельных периодов для формирования высокой продуктивности озимой пшеницы. Достоверное влияние температуры было отмечено на показатели качества зерна. Сумма эффективных температур имеет положительную сопряженность с натурой зерна в период «трубкование – колошение» ($r = 0,65$) (табл. 5). Высокие температуры в период формирования зерновки и налива зерна замедляют процесс накопления сухого вещества и в то же время усиливают процесс дыхания и расход углеводов. Это приводит к накоплению белка и клейковины в зерне.

Таблица 5

Результаты корреляционного анализа основных хозяйствственно-ценных признаков с суммой эффективных температур (2009–2022 гг.)

Results of the correlation analysis of the main economically valuable traits with the sum of effective temperatures (2009–2022)

Признаки	Межфазные периоды			
	возобновление вегетации – трубкование	трубкование – колошение	колошение – восковая спелость	начало весенней вегетации – восковая спелость
Урожайность, т/га	-0,11	0,32	-0,07	-0,01
Вегетационный период, сут	-0,15	0,10	-0,28	-0,26
Продуктивная кустистость, шт.	-0,31	-0,47	0,38	-0,11
Высота растений, см	-0,12	0,02	-0,24	-0,24
Устойчивость к полеганию, баллов	0,21	0,38	0,24	0,43
Число зерен с растения, шт.	-0,22	-0,44	0,36	-0,04
Масса зерна с растения, г	-0,13	-0,35	0,40	0,07
Масса 1000 зерен, г	0,16	0,34	0,11	0,29
Натура, г/л	-0,13	0,65*	-0,53	-0,23
Клейковина, %	0,47	-0,47	0,74*	0,67*
Общая хлебопекарная оценка, баллов	0,25	0,05	0,29	0,38

* Достоверно на уровне 5 %.

Коэффициент корреляции суммы эффективных температур с количеством клейковины в период «колошение – восковая спелость» равнялся $r = 0,74$, а за весь период весенне-летней вегетации $r = 0,67$.

оказали достоверное положительное влияние на урожайность, обнаружена также положительная связь ГТК с натурой зерна и количества осадков с массой 1000 зерен.

4. За весь период весенне-летней вегетации достоверные положительные связи ГТК и количества осадков были установлены с длиной вегетационного периода, высотой растений, отрицательные – с устойчивостью к полеганию и общей хлебопекарной оценкой. Количество осадков оказалось положительное влияние и на массу зерна с растения.

5. Выявлена достоверная положительная корреляция суммы эффективных температур в межфазный период «трубкование – колошение» с натурой зерна, в период «колошение – восковая спелость» и «начало весенней вегетации – восковая спелость» с содержанием клейковины в зерне.

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № FWNR-2022-0018.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена достоверная положительная корреляционная зависимость количества осадков и ГТК в межфазный период «возобновление вегетации – трубкование» с продолжительностью вегетационного периода, продуктивной кустистостью, высотой растений, числом зерен с растения.

2. В межфазный период «трубкование – колошение» наблюдается достоверная положительная связь количества осадков и ГТК с урожайностью и отрицательная с устойчивостью к полеганию.

3. В межфазный период «колошение – восковая спелость» ГТК и количество осадков

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Галеев Р.Р., Самарин И.С., Андреева З.В. Влияние погодных условий на урожайность и качество мягкой яровой пшеницы в интенсивном земледелии лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ. – 2017. – № 4 (45). – С. 9–15.
- Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и

- Татарстана / А.И. Стасюк, И.Н. Леонова, М.Л. Пономарева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 78–91. – DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus.
3. Weather conditions in the 2013 - 2015 wheat growing season in Croatia and Bosnia and Herzegovina / M. Rastija, V. Kovačević, D. Rastija, I. Komljenović, G. Drezner // VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016". – Sarajevo: University of East Sarajevo, 2016. – Р. 71–76. – DOI:10.7251/AGRENG1607005.
 4. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы / Н.Е. Самофалова, О.А. Дубинина, А.П. Самофалов, Н.П. Иличкина // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 5(65). – С. 18–23. – DOI 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
 5. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future / K. Hakala, L. Jauhainen, Ari A. Rajala [et al.] // Field Crops Research. – 2020. – Vol. 259, N 15. – DOI.org/10.1016/j.fcr.2020.107956.
 6. Шарков И.Н., Колбин С.А. Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. – 2020. – № 1(54). – С. 33–41. – DOI 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41.
 7. Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросфера (теория и практика). – М.: Агрорус, 2004. – Т. 1. – 688 с.; Т.2. – С. 689–1153.
 8. Гнатовский В.М. Некоторые пути адаптации земледелия сухостепной зоны Алтайского края к климату и почвам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 11(73). – С. 5–9.
 9. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелие лесостепи Западной Сибири. – Омск: Изд-во ФГОУ МПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
 10. Impact of droughts on winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in Eastern China / H. Yu, Q. Zhang, P. Sun, C. Song // International Journal of Disaster Risk Science. – 2018. – Vol. 9(3). – Р. 376–391.
 11. Рекомендации по использованию материалов агрохимического обследования пахотных земель ОПХ «Элитное» Новосибирского района Новосибирской области. – Новосибирск: ФГБУ «ЦАС Новосибирский», 2011. – 37 с.
 12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1985. – 351 с.
 13. Клочков А.В., Соломко О.Б., Клочкова О.С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А.В. Клочков, Соломко О.Б., О.С. Клочкова О.С. // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101–105.
 14. Iwańska M., Stępień M. The effect of soil and weather conditions on yields of winter wheat in multi-environmental trials // Biometrical Letters. – 2019. – Vol. 56 (2). – Р. 263–279. – DOI: 10.2478/bile-2019-0016.
 15. Korkhova M., Mykolaichuk V. Influence of weather conditions on the duration of interphysiological periods and yield of durum winter wheat // Scientific Horizons. – 2022. – Vol. 25 (2). – Р. 36–46. – DOI: 10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.

REFERENCES

1. Galeev R.R., Samarin I.S., Andreeva Z.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 4 (45), pp. 9–15. (In Russ.)
2. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponomareva M.L., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2021, Vol. 56, No. 1, pp. 78–91, DOI 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus. (In Russ.)
3. Rastija M., Kovačević V., Rastija D., Komljenović I., Drezner G., Weather conditions in the 2013–2015 wheat growing season in Croatia and Bosnia and Herzegovina, *VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016"*. Sarajevo: University of East Sarajevo, 2016, pp. 71–76, DOI: 10.7251/AGRENG1607005.
4. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2019, No. 5 (65), pp. 18–23, DOI 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23 (In Russ.)
5. Hakala K., Jauhainen L., Rajala Ari A. [et al.], Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future, *Field Crops Research*, 2020, Vol. 259, No. 15, DOI.org/10.1016/j.fcr.2020.107956.

6. Sharkov I.N., Kolbin S.A., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 1 (54), pp. 33–41, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41. (In Russ.)
7. Zhuchenko A.A., *Ekologicheskaya genetika kul'turnykh rasteniy i problemy agrosfery (teoriya i praktika)* (Ecological genetics of cultivated plants and problems of the agrosphere (theory and practice)), Moscow: Agrorus, 2004, Vol. 1, 688 p.; Vol. 2, pp. 689–1153. (In Russ.)
8. Gnatovskiy V.M., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No. 11 (73), pp. 5–9. (In Russ.)
9. Kholmov V.G., Yushkevich L.V., *Intensifikatsiya i resursosberezheniye v zemledeliye lesostepi Zapadnoy Sibiri* (Intensification and resource saving in agriculture of the forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Izd-vo FGOU MPO OmGAU, 2006, 396 p.
10. Yu H., Zhang Q., Sun P., Song C., Impact of droughts on winter wheat yield in different growth stages during 2001–2016 in Eastern China, *International journal of disaster risk science*, 2018, Vol. 9 (3), pp. 376–391.
11. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu materialov agrokhimicheskogo obsledovaniya pakhotnykh zemel' OPKH «Elitnoye» Novosibirskiy rayon Novosibirskoy oblasti* (Recommendations on the use of materials from the agrochemical survey of arable lands of the EPF «Elitnoye» Novosibirsk district of the Novosibirsk region), FGBU «TSAS Novosibirskiy», 2011, 37 p.
12. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agro-promizdat, 1985, 365 p.
13. Klochkov A.V., Solomko O.B., Klochkova O.S., *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2019, No. 2, pp. 101–105. (In Russ.)
14. Iwańska M., Stępień M., The effect of soil and weather conditions on yields of winter wheat in multi-environmental trials, *Biometrical Letters*, 2019, Vol. 56 (2), pp. 263–279, DOI:10.2478/bile-2019-0016.
15. Korkhova M., Mykolaichuk V., Influence of weather conditions on the duration of interphysiological periods and yield of durum winter wheat, *Scientific Horizons*, 2022, Vol. 25 (2), pp. 36–46, DOI:10.48077/scihor.25(2).2022.36-46.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-64-63

УДК 632.4:632.915

РИЗОКТОНИОЗ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.В. Пилипова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Е.М. Шалдяева, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: pyuv260565@mail.ru

Ключевые слова: картофелеводство, ризоктониоз, почвенная популяция, склероции, многолетняя динамика, развитие болезни, протравливание, фитосанитарный предшественник.

Реферат. Научное исследование выполнено в период с 1990 по 2022 г. на 20 сортах картофеля с целью изучения патогенеза ризоктониоза в условиях производства культуры и обоснования приёмов системы защиты от заболевания. Гриб *R. solani* ежегодно сохраняется в почве и на семенных клубнях в форме мицелия и склероциев. Было установлено, что более 60% почв агроэкосистем картофеля имеют содержание возбудителя ризоктониоза, многократно превышающее установленный ЭПВ. Мониторинг фитосанитарного состояния семенного материала картофеля показал, что в среднем около 60% клубней заселены возбудителем ризоктониоза, в том числе склероциальной формой около 30%, что в 6 раз превышает фитосанитарный регламент. Таким образом, в условиях региона ежегодно обеспечивается двойной механизм передачи фитопатогена. Возбудитель ризоктониоза поражает ростки картофеля, вызывая впоследствии их полную гибель (в среднем 12%), выпады всходов, снижая густоту продуктивных растений в посадках культуры. На последующих этапах роста и развития картофеля отмечено значительное развитие заболевания на стеблях (в среднем 31,4%), повреждаются и погибают столоны (соответственно 9,3 и 5,5%), что нарушает процессы столоно- и клубнеобразования. В условиях региона ризоктониоз протекает в форме эпифитотии с распространённостью 88% и более. Стратегия защиты картофеля от ризоктониоза должна базироваться на приёмах, которые снижают исходную плотность популяции гриба *R. solani* в почвах агроэкосистем и на семенных клубнях. Важными элементами технологии возделывания картофеля являются севооборот с насыщением не более 30% (биологическая эффективность – 43,2–79,5%), фитосанитарный предшественник, в том числе сидеральные пары (биологическая эффективность – 49,0–75,9 %), обязательное протравливание препаратами химической (биологическая эффективность – 54,9–98,8%) или биологической природы. Перспективным направлением в снижении ризоктониоза можно считать использование энтомопатогенных грибов *Metarhizium robertsii* и *Baeuveria bassiana*. Протравливание семенных клубней конидиями энтомопатогенных грибов подавляло развитие заболевания в посадках картофеля на 1,8–3,7%, обеспечивая прибавку урожая на 12,1–19,2%. Изучение влияния *Metarhizium robertsii* и *Baeuveria bassiana* на патогенез ризоктониоза будет продолжено.

RHIZOCTONIA DISEASE OF POTATO IN PRODUCTION CONDITIONS IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

U.V. Pilipova, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

E. M. Shaldyeva, Doctor of Biological Sciences, Professor,

Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: pyuv260565@mail.ru

Keywords: potato growing, black scurf of potato, soil population, sclerotia, long-term dynamics, disease development, seed disinfectant, phytosanitary crop

Abstract. The authors carried out a scientific study from 1990 to 2022 on 20 varieties of potatoes to study the pathogenesis of Rhizoctonia in crop production conditions and substantiate the methods of the system of protection against the disease. The fungus *R. Solani* persists annually in the soil and on seed tubers in the form of mycelium and sclerotia. It was found that more than 60% of the grounds of potato agroecosystems have the content of the causative agent of Rhizoctonia is many times higher than the established ETH (Economic threshold of harmfulness). Furthermore, monitoring of the phytosanitary state of potato seed material showed that, on average, about 60% of the tubers are inhabited by the causative agent of Rhizoctonia, including about 30% of the sclerotial form, which is six times higher than the phytosanitary regulations. Thus, in the region's conditions, a double mechanism of phytopathogen transmission is provided annually. The causative agent of Rhizoctonia infects

potato sprouts, subsequently causing their complete death (on average 12%) and shootouts, reducing the density of productive plants in crop plantings. At subsequent stages of growth and development of potatoes, significant expansion of the disease on the stems was noted (on average 31.4%), and stolons were damaged and died (9.3 and 5.5%, respectively), which disrupted the processes of stolon and tuberization. In the region's conditions, *Rhizoctonia* occurs in the form of epiphytic with a prevalence of 88% or more. Therefore, the potato protection strategy against *Rhizoctonia* should be based on methods that reduce the initial population density of the *R. solani* fungus in the soils of agroecosystems and on seed tubers. Essential elements of potato cultivation technology are cropping rotation with a saturation of no more than 30% (biological efficiency - 43.2–79.5%); phytosanitary precursor, including green manure pairs (biological efficiency - 49.0–75.9%); mandatory etching with chemical preparations (biological efficiency - 54.9–98.8%) or natural origin. Using entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Baeuveria bassiana* can be a promising direction in reducing *Rhizoctonia*. Dressing seed tubers with conidia of entomopathogenic fungi suppressed the development of the disease in potato plantings by 1.8–3.7%, providing an increase in yield by 12.1–19.2%. The study of the influence of *Metarhizium robertsii* and *Baeuveria bassiana* on the pathogenesis of *Rhizoctonia* will be continued.

Ризоктониоз картофеля – одно из наиболее распространённых заболеваний во всех картофелеводческих хозяйствах, в том числе в агроэкосистемах картофеля лесостепи Западной Сибири.

В онтогенезе картофеля выделяют три критических периода, во время которых формируются основные элементы структуры урожая культуры: густота продуктивных растений, число столонов и клубней, масса одного клубня. Формирование оптимальных параметров элементов структуры урожая в значительной степени определяется фитосанитарным состоянием семенного материала и посадок картофеля. Вредоносность ризоктониоза обусловлена гибелью ростков картофеля, повреждением и гибелью подземных стеблей и столонов, что в конечном итоге вызывает снижение урожая и его качества. Кроме того, развитие заболевания приводит к формированию популяции фитопатогена на клубнях нового урожая: склероциальная форма значительно снижает семенные качества, а распространение углублённой пятнистости – товарность клубней [1].

Возбудитель заболевания – несовершенный гриб *Rhizoctonia solani* – характеризуется К-стратегией жизненного цикла, что определяется его биоэкологическими особенностями. Возбудитель отличается широкой филогенетической специализацией (способен развиваться на 230 видах растений из 66 семейств) и имеет генетически неоднородную популяцию, состоящую из анастомозных групп (Ag), что позволяет фитопатогену длительное время выживать в почве под покровом различных культур севооборотов. Большинство изолятов *R. solani*, выделенных из растений картофеля и из ризосфера картофельных посадок, принадлежат к Ag3. Кроме того, с картофелем ассоциированы и другие анастомозные группы – Ag1, Ag2, Ag4, Ag5, Ag8, Ag9 [2–6].

Ризоктониоз картофеля – заболевание, характеризующееся стабильной многолетней динамикой, что характерно для организмов с К-стратегией жизненного цикла. Гриб *R. solani* слабо зависит от влияния абиотических факторов, но отмечается более сильное развитие заболевания в зонах с холодной затяжной весной, где низкие температуры почвы сочетаются с избыточной влажностью, что является стресс-фактором для растений картофеля. При этом численность популяции *R. solani* подавляется в почвах с высокой супрессивностью, особенно за счёт активности микрофлоры, в том числе антагонистов ризосферы [6, 7].

Цель исследования заключается в изучении патогенеза ризоктониоза в условиях производства картофеля в лесостепи Западной Сибири и обосновании приёмов системы защиты от заболевания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования были ризоктониоз картофеля, технология возделывания культуры. Исследования проводили с 1990 г. по настоящее время в условиях производственных посадок картофеля в хозяйствах региона (Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края) более чем на 20 сортах. Методы исследования – маршрутные обследования, учёт развития ризоктониоза по шкале Франка (1976), клубневые анализы (ГОСТ Р 59551-2021), определение численности гриба *R. solani* в почве осуществляли методом множественных почвенных таблеток (Henis, 1978) с использованием селективной среды Ко и Хора (1971).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета Microsoft

Excel для проведения анализа многомерных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Популяции с признаками К-стратегов формируются в условиях стабильной окружающей среды и интенсивной конкуренции за ресурсы. В такой насыщенной среде, как почва, естественный отбор способствует максимальному вкладу веществ и энергии в преодоление конкуренции и повышение выживаемости видов и популяций. Для возбудителя ризоктониоза, который характеризуется преимущественно К-стратегией жизненного цикла, основными факторами выживания являются почва агроэкосистем картофеля и семенные клубни [7].

В почве формируются пропагулы гриба *R. solani* в виде покоящегося мицелия и склероциев, которые обнаруживаются на глубине до 10–15 см и способны выживать в течение

3–5 лет (Saksena, 1980). В условиях Западной Сибири прослежена тесная связь развития болезни как с исходной ($r = 0,72$), так и с развивающейся ($r = 0,82$ – $0,87$) почвенной популяцией возбудителя в посадках картофеля. Нами установлено, что популяция возбудителя в почве выше порога вредоносности (ЭПВ для выщелоченного чернозёма – 0,2 пропагулы на 100 г почвы) являлась доминирующим фактором в динамике ризоктониоза картофеля, а её доля влияния составляла от 35 до 57,5% [6].

В ходе многолетних исследований было обследовано более 5 тыс. га полей овощных, полевых и кормовых севооборотов пригородных хозяйств, в которых возделывался картофель. Результаты оценки заселённости почв в весенний период представлены на рис. 1. Так, по нашим данным, только около 1/3 почвы, отведённых под картофель в регионе, были свободны от возбудителя ризоктониоза, тогда как более 2/3 имели численность пропагул гриба *R. solani*, многократно превышающую установленный ЭПВ.

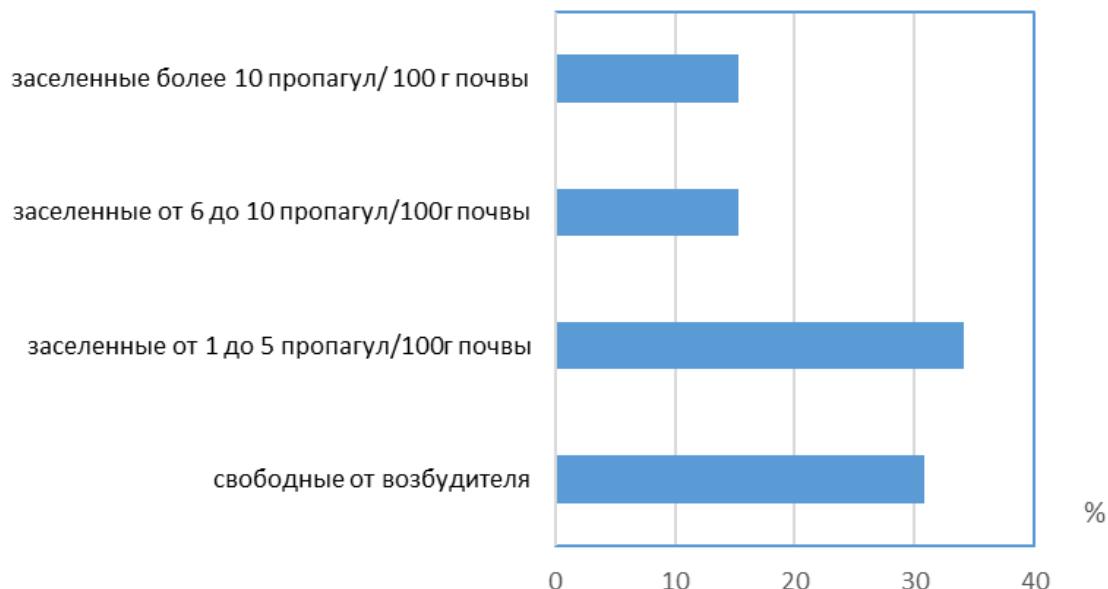


Рис. 1. Исходный уровень заселенности почв агроэкосистем картофеля грибом *R. solani*
(в среднем за период исследований)

Fig. 1. Initial level of soil colonization of potato agroecosystems by the fungus *R. solani* (average for research)

В период с 2019 по 2021 г. в условиях пригородных хозяйств, специализирующихся на производстве овощей и картофеля, было установлено, что наименее заселёнными были дерново-подзолистые почвы (в наших исследованиях – ЗАО «Приобское»), где численность гриба в весенних образцах находилась

на уровне трех пропагул на 100 г почвы, тогда как в ризосфере выщелоченных чернозёмов (ЗАО «Морские Нивы») она составляла 29,9 пропагулы на 100 г почвы. Таким образом, основной фактор передачи возбудителя ризоктониоза через почву в условиях региона реализуется практически ежегодно.

По мере формирования клубней нового урожая гриб *R. solani* начинает активно заселять клубни склероциями («чёрная парша») в период естественного отмирания ботвы или в результате её десикации [6, 8, 9]. Эта форма ризоктониоза на клубнях, по заключению как отечественных, так и зарубежных исследователей, является наиболее вредоносной, так как склероциальный потенциал возбудителя на семенных клубнях в дальнейшем определяет характер заболевания, особенно на начальных фазах роста и развития картофеля [4, 10, 11]. По нашим данным, доля влияния склероциальной формы на клубнях на развитие ризоктониоза составляет 8,5–19%. Было установлено, что около 97% изолятов *R. solani*, выделенных из клубней картофеля, в условиях региона относятся к Ag3, специализирующейся на картофеле [6].

Другой формой проявления заболевания на клубнях является углублённая пятнистость. В картофелеводческих хозяйствах региона её распространённость составляет от 8 до 30 % [10, 12].

На протяжении всего периода исследований по изучению патогенеза ризоктониоза в условиях производства проводили постоянный мониторинг качества семенного материала на заселённость его различными формами заболевания. Данные представлены на рис. 2.

Как видно из результатов многолетних исследований, в условиях реального производства картофеля клубни практически всегда бывают в значительной степени заселены склероциями патогена. В среднем распространённость данной формы заболевания за годы исследования составила $31,3 \pm 10,9$ %, что многократно превышает существующий регламент стандарта.

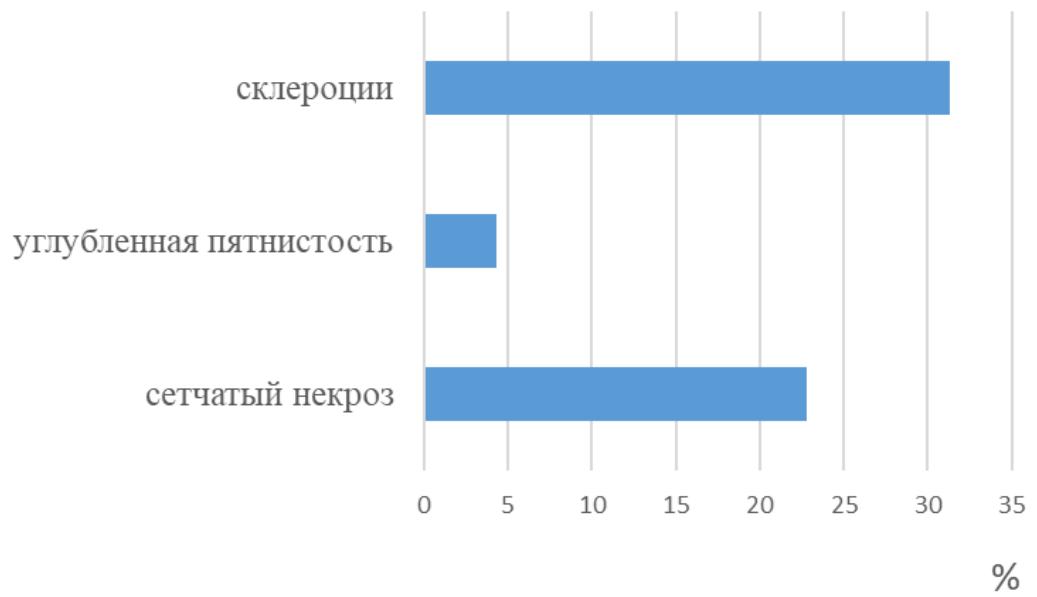


Рис. 2. Распространённость форм ризоктониоза на клубнях в условиях производства (в среднем за 1990–2022 гг.). Регламент стандарта по склероциальной форме (ГОСТ Р 59551-2021): ОС – 1%; ЭС – 3%; РС – 5%

Fig. 2. The prevalence of Rhizoctonia forms on tubers under production conditions (average for 1990–2022). The regulation of the standard for the sclerotia form (State Standard R 59551-2021): OS (Original Seed) - 1%; ES (Elite Seed) - 3%; RS (Reproductive Seed) - 5%.

Распространённость углублённой пятнистости зависит от типа почвы, сорта, поражённости посадочного материала. На дерново-подзолистых почвах распространённость её не превышает 4,5 % при использовании для посадки заселённых ризоктониозом клубней, встречаемость углублённой пятнистости возрастила в 1,5–2,5 раза на выщелоченном

чернозёме [6, 10]. Исследования, проведённые на разных сортах картофеля, свидетельствовали об увеличении распространённости углублённой пятнистости на фоне повреждения клубней проволочником. Данная форма ризоктониоза ухудшает семенные качества клубней, однако в большей степени она приводит к ухудшению их товарных свойств,

снижая конкурентоспособность продукта. За 1990–2022 гг. распространённость углублённой пятнистости в хозяйствах региона составляет в среднем $4,3 \pm 2,7 \%$.

Менее вредоносная форма проявления заболевания на клубнях – сетчатый некроз. В среднем распространённость данной формы в хозяйствах составляет $22,8 \pm 11,1 \%$.

Таким образом, запас клубневой инфекции в хозяйствах региона по совокупности всех форм проявления ризоктониоза на клуб-

нях очень высок и составляет около 60%, в том числе наиболее вредоносной склероциальной формы около 30%, что обеспечивает возбудителю ризоктониоза ежегодно двойной (через почву и семенной материал) механизм передачи инфекции.

Используемые методы мониторинга ризоктониоза позволяют проводить оценку развития заболевания по органам растений картофеля: росткам, подземным стеблям и столонам (рис. 3).



Рис. 3. Развитие ризоктониоза в условиях производства (в среднем за 1997–2021 гг.)

Fig. 3. Development of Rhizoctonia in production conditions (Average 1997–2021)

Ризоктониоз оказывает негативное влияние на формирование всех элементов структуры урожая культуры. Уже на начальных этапах развития растений фитопатоген поражает ростки картофеля (это может происходить ещё в хранилище), вызывая впоследствии их полную гибель, выпады всходов, снижая густоту продуктивных растений в посадках культуры. По нашим многолетним данным, число погибших от ризоктониоза ростков картофеля на производственных посадках в среднем составило $12,3 \pm 5,6 \%$.

Развитие заболевания на стеблях картофеля существенно нарушает режим питания растений и процесс формирования клубней. В среднем развитие ризоктониоза на стеблях отмечается на уровне $31,4 \pm 4,4 \%$, что в 2 раза превышает ЭПВ.

Вредоносность ризоктониоза связана и с развитием заболевания на столонах. Частичное поражение столонов приводит к

образованию большого количества мелких и уродливых клубней, при значительном развитии заболевания наблюдается их гибель («опавшие столоны»). За период исследований среднее значение по поврежденным столонам составило $9,3 \pm 3,2$, по опавшим – $5,5 \pm 2,4 \%$.

Кроме того, на протяжении многолетних исследований отмечается, что в условиях производства картофеля на фоне постоянного присутствующей почвенной и клубневой инфекции развитие ризоктониоза картофеля протекает в форме эпифитотии: распространённость заболевания за исследуемый период в среднем составила $87,7 \pm 15,35 \%$. Изучение многолетней динамики ризоктониоза в условиях производства картофеля также подтверждает эпифитотийный характер развития болезни в регионе с 2–3-кратным превышением ЭПВ (рис. 4).

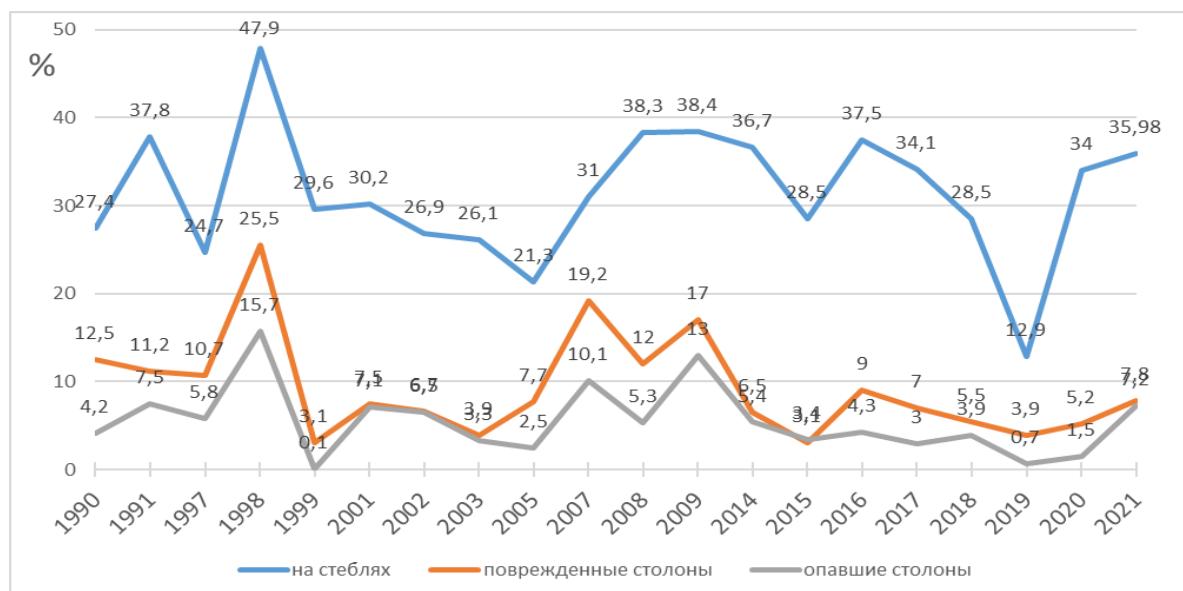


Рис. 4. Многолетняя динамика ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля в лесостепи Западной Сибири (в среднем по годам)

Fig. 4. Long-term dynamics of Rhizoctonia in potato agroecosystems in the forest-steppe of Western Siberia (an average over the years)

Оценить фитосанитарную ситуацию в отношении развития и распространённости ризоктониоза в целом в хозяйствах региона позволяет показатель частоты реализации оптимальных параметров (табл. 1).

Полученные нами данные свидетельствуют, что частота реализации оптимальных фитосанитарных параметров в отношении ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля ре-

гиона низкая. Так, из-за высокой заселённости склероциями *R. solani* посадочного материала (в 66 % случаев) и численности патогена в почве, превышающей порог вредоносности (76,5 % полей с превышением ЭПВ), только в 16,7 % случаях развитие ризоктониоза в посадках картофеля в условиях региона бывает ниже порогового значения.

Таблица 1
Фитосанитарные параметры агроэкосистем картофеля в лесостепи Западной Сибири
(в среднем за 1990–2022 гг.)
Phytosanitary parameters of potato agroecosystems in the forest-steppe of Western Siberia
(average for 1990–2022)

Параметры	ЭПВ, ПВ, регламенты ГОСТ	Количество учётов	Частота оптимальных параметров, %
Почва	0,2 пропагулы/100 г почвы	185	23,5
Клубни (склероции)	3–5 % *	198	34,0
Развитие болезни	15 %	270	16,7

* ГОСТ Р 59551-2021.

На протяжении всего периода проведения исследований оценивали эффективность отдельных фундаментальных и оперативных

фитосанитарных элементов технологии возделывания картофеля в подавлении распространения и развития ризоктониоза (табл. 2).

Таблица 2

**Роль некоторых элементов технологии возделывания картофеля в подавлении ризоктониоза
(собственные данные за период 1991-2021гг.)**
**The role of some elements of potato cultivation technology in the suppression of Rhizoctonia
(own data for the period 1991-2021)**

Элементы технологии	Эффективность приёма
Сорта	Все изучаемые сорта поражались выше ЭПВ в 1,4–3,7 раза. Установлена органотропная устойчивость для сортов по поражению ростков, стеблей, столонов и заселению клубней нового урожая склероциями патогена
Метод апикальных меристем [13]	Приём малоэффективен в отношении возбудителя ризоктониоза. Только первая ступень размножения (мини-клубни) имела слабое развитие заболевания на стеблях и столонах. Однако в силу эволюционно-экологических особенностей патогена – способности активно заселять клубни нового урожая – уже после первого года возделывания картофеля выращенный семеной материал супер-суперэлиты значительно (более 30%) заселяется склероциями <i>R. solani</i> . Начиная с супер-суперэлиты развитие ризоктониоза на стеблях было существенным – 23–37 %, повреждённые столоны составляют 8–14 %, опавшие столоны – 6–10 %
Севооборот	При перерыве в возделывании картофеля 2–3 года (насыщенность севооборотов 40–50 %) ризоктониоз развивается в форме эпифитотии. Возврат культуры на поле через 5–7 лет (насыщенность севооборотов 20–28 %) позволяет снизить развитие заболевания на ростках, стеблях и столонах в 1,8 и 4,9 раза. Биологическая эффективность пролонгации севооборота составила 43,2–79,5 %
Фитосанитарный предшественник (зависит от специализации хозяйства)	Наиболее эффективно снижали развитие ризоктониоза люцерна, овёс, кострец, капуста, викоовсяная смесь: биологическая эффективность, рассчитанная по отношению к картофелю как предшественнику составила 49–75,9 %. Выращивание картофеля в севообороте с такими культурами, как огурцы, кукуруза, морковь, капуста, не позволяет снизить плотность популяции <i>R. solani</i> в почве ниже ЭПВ
Сидеральные пары [14]	Повышают супрессивность почв за счёт роста в 1,4–3,7 раза общей и антагонистической микрофлоры. При возделывании картофеля после сидерального пары отмечали снижение развития ризоктониоза в 8,6–22,8 раза
Протравливание: химические пестициды [15]	Важнейший элемент фитосанитарных технологий возделывания картофеля. Современные протравители с инсектофунгицидным действием Респект и Престиж достоверно снижали развитие ризоктониоза картофеля на протяжении всей вегетации культуры, а также способствовали оздоровлению от возбудителя выращенного урожая: биологическая эффективность применения пестицидов составляла 54,9–98,8% в разные периоды онтогенеза картофеля
Протравливание: биологические пестициды [16]	Перспективным направлением подавления возбудителя ризоктониоза в почве можно считать использование биологических препаратов на основе почвообитающих энтомопатогенных грибов <i>Metarhizium robertsii</i> и <i>Baeuveria bassiana</i> , которые проявляют антагонистическую активность, угнетают рост поверхностного мицелия и препятствуют формированию склероциев <i>R. solani</i> . Так, предпосадочная обработка семенных клубней конидиями энтомопатогенных грибов снижала развитие ризоктониоза в период вегетации на 1,8–3,7%, обеспечивала прибавку урожая на 12,1–19,2% и улучшение его качества
Глубина заделки семенных клубней	Установлена корреляционная зависимость развития ризоктониоза от глубины посадки картофеля: $r = 0,85 \pm 0,36$. Оптимальная глубина заделки семенных клубней составляет 8–10 см

В целом стратегия защиты картофеля от ризоктониоза должна базироваться на приёмах, которые снижают исходную плотность популяции гриба *R. solani* в почвах агроэкосистем и на семенных клубнях. Для хозяйств с узкой специализацией набор возделываемых культур, как правило, ограничен, что ведёт к высокому насыщению севооборотов картофелем и, как следствие, значительному развитию заболевания. В таких условиях желательно вводить фитосанитарные предшественники в виде сидеральных паров на основе рапса, фацелии и других культур, которые освобож-

дают почвы агроэкосистем от фитопатогенной микрофлоры, в том числе возбудителя ризоктониоза.

Для оздоровления семенных клубней от склероциев ризоктониоза необходимо обязательное протравливание препаратами химической или биологической природы. Перспективным направлением в подавлении гриба *R. solani* можно считать использование энтомопатогенных грибов *Metarhizium robertsii* и *Baeuveria bassiana*, изучение эффективности которых будет продолжено.

ВЫВОДЫ

1. Для картофелеводческих хозяйств региона Западной Сибири отмечается наличие двойного механизма передачи возбудителя ризоктониоза через почву и семенные клубни. Почвы агроэкосистем картофеля заселены пропагулами гриба *R. solani* преимущественно выше установленного ЭПВ. Семенные клубни заселены склероциями патогена в среднем на 30%, что в 6–10 раз выше регламента стандарта.

2. Многолетняя динамика ризоктониоза в условиях производства картофеля стабильно высокая: развитие болезни превышает ЭПВ в 2–3 раза, а распространённость ризоктонио-

за находится в среднем на уровне 87,7%, что характерно для эпифитотийного течения болезни.

3. Эффективными элементами системы защиты от ризоктониоза являются приёмы, способствующие снижению исходной плотности популяции гриба *R. solani* в почве и на семенных клубнях: севооборот с насыщением картофелем не более 30%, фитосанитарные предшественники, в том числе культура сидеральных паров, протравливание семенных клубней пестицидами химической или биологической природы.

Статья подготовлена в рамках проведения исследований по гранту РНФ № 19-14-00138.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М. Формирование элементов структуры урожая картофеля в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6. – С. 32–39.
2. Нгачан С.В., Дьяков Ю.Т., Умралина А.Р. Анастомозные группы *Rhizoctonia solani* Kuhn в СССР и Индии // Биологические науки. – 1988. – № 5. – С. 71–76.
3. Carling D.E., Leiner R.H. Isolation and characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia* – like fungi from aerial stems and subterranean organs of potato plant // Plant Dis. – 1990. – Vol. 74. – P. 901–903.
4. Carling D.E., Sumner D.R. Rhizoctonia / University of Alaska Fairbanks, Parmer, AK 99645 and University of Georgia, Tifton, GA 31793 (representatively). – 1990. – 10 p.
5. Умралина А.Р., Васильева К.В., Нгачан С.В. Определение анастомозных групп изолятов *Rhizoctonia solani* Kuhn, поражающих сахарную свеклу в Киргизской ССР // Микология и фитопатология. – 1987. – Т. 21, № 3. – С. 212–215.
6. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В., Коняева Н.М. Мониторинг ризоктониоза в агроэкосистемах картофеля Западной Сибири: монография / Новосиб. гос. агр. ун-т. – Новосибирск, 2006. – 196 с.
7. Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотиологии. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
8. Gudmestad N.C., Zink R.T., Huguelet J.E. The affect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of Rhizoctonia disease of potato // Am. Potato J. – 1976. – Vol. 56. – P. 35–41.
9. Болезни картофеля / К.В. Попкова, Ю.И. Шнейдер, А.С. Воловик, В.А. Шмыгля. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
10. Распространённость и вредоносность болезней картофеля в зоне БАМа / Н.М. Коняева, Н.Н. Канунникова, Е.М. Шалдяева, А.В. Петухов // Зональные системы защиты растений от вредителей и болезней в Сибири: сб. науч. тр. – 1981. – С. 37–57.
11. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В., Чулкина В.А. Ризоктониоз картофеля в северной лесостепи Приобья. I. Патогенез ризоктониоза картофеля при разных факторах передачи возбудителя // Вестник защиты растений. – 2004. – № 2. – С. 62–67.
12. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В., Чулкина В.А. Ризоктониоз картофеля в северной лесостепи Приобья. II. Углубленная пятнистость // Вестник защиты растений. – 2005. – № 3. – С. 91–94.
13. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М. Эффективность биотехнологических методов оздоровления в технологиях выращивания картофеля // Дни науки 2014: сб. тр. V науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. Дню рос. науки, 25–27 февр. 2014 г. – Новосибирск, 2014. – С. 144–148.

14. Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В., Шатунова М.П. Использование ярового рапса в качестве сидерата на посадках картофеля // АгроХХI век. – 2004. – № 1–6. – С. 33.
15. Эффективность проправителей инсектофунгицидов в подавлении ризоктониоза картофеля / Ю.В. Пилипова, Е.М. Шалдяева, О.В. Решетникова, И.М. Горобей // Вестник НГАУ. – 2021. – № 4. – С. 53–61.
16. *Entomopathogenic fungi decrease Rhizoctonia disease in potato in field conditions* / O. Tomilova, E. Shaldyaeva, Yu. Pilipova [et al.] // Peer J. – 2021. – Vol. 8. – P. 1–26. – DOI 10.7717/ peerj. 9895.

REFERENCES

1. Pilipova Ju.V., Shaldjaeva E.M., *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2016, No. 6, pp. 32–39. (In Russ.)
2. Ngachan S.V., D'jakov Ju.T., Umralina A.R., *Biologicheskie nauki*, 1988, No. 5, pp. 71–76. (In Russ.)
3. Carling D.E., Leiner R.H., Isolation and characterization of Rhizoctonia solani and binucleate Rhizoctonia – like fungi from aerial stems and subterranean organs of potato plant, *Plant Dis*, 1990, Vol. 74, pp. 901–903.
4. Carling D.E., Sumner D.R., *Rhizoctonia*, University of Alaska Fairbanks, Parmer, AK 99645 and University of Georgia, Tifton, GA 31793 (representatively), 1990, 10 p.
5. Umralina A.R., Vasil'eva A.R., Ngachan S.V., *Mikologija i fitopatologija*, 1987, T. 21, No. 3, pp. 212–215. (In Russ.)
6. Shaldyaeva E.M., Pilipova Yu.V., Konyaeva N.M., *Monitoring rizoktonioza v agroekosistemah kartofelja Zapadnoj Sibiri* (Monitoring of rhizoctoniosis in potato agroecosystems in Western Siberia), Novosibirsk, 2006, 196 p.
7. Chulkina V.A., *Biologicheskie osnovy jepifitotiologii* (Biological basis of epiphytotiology), Moscow: Agropromizdat, 1991, 287 p.
8. Gudmestad N.C., Zink R.T., Huguelet J.E., The affect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of Rhizoctonia disease of potato, *Am. Potato J.*, 1976, Vol. 56, pp. 35–41.
9. Popkova K.V., Shnejder Ju.I., Volovik A.S., Shmyglja V.A., *Bolezni kartofelja* (Bolezni kartofelya), Moscow: Kolos, 1980, 304 p.
10. Konjaeva N.M., Kanunnikova N.N., Shaldjaeva E.M., Petuhov A.V., *Zonal'nye sistemy zashhity rastenij ot vreditelej i boleznej v Sibiri*, Sbornik nauchnich tr. S 1981, pp. 37–57. (In Russ.)
11. Shaldjaeva E.M., Pilipova Ju. V., Chulkina V.A., *Vestnik zashhity rastenij*, 2004, No. 2, pp. 62–67. (In Russ.)
12. Shaldjaeva E.M., Pilipova Ju. V., Chulkina V.A., *Vestnik zashhity rastenij*, 2005, No. 3, pp. 91–94. (In Russ.)
13. Pilipova Ju.V., Shaldjaeva E.M., *Dni nauki 2014* (Days of Science 2014), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2014, pp. 144–148. (In Russ.)
14. Shaldjaeva E.M., Pilipova Ju. V., Shatunova M.P., *Agro XXI vek.*, 2004, No. 1-6, pp. 33. (In Russ.)
15. Pilipova Yu.V., Shaldjaeva E.M., Reshetnikova J.V., Gorobej I.M., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 4, pp. 53–61. (in Russ.).
16. Tomilova O., Shaldyaeva E., Pilipova Yu. [et al.], *Entomopathogenic fungi decrease Rhizoctonia disease in potato in field conditions*, *Peer J.*, 2021, Vol. 8, pp. 1–26, DOI: 10.7717/ peerj. 9895.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-73-82

УДК 632.4.01/08

СИСТЕМНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ *ALTERNARIA* SP. И *FUSARIUM* SP.

Л.М. Соколова, доктор сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», д. Верея Московской обл., Россия

E mail: lsokolova74@mail.ru

Ключевые слова: *Fusarium* и *Alternaria*, фитопатологические методы, селекция, система, схема.

Реферат. К аскомикотам относят примерно 6400 родов, включающих более 64000 видов. Значительная часть аскомицетов – сапротрофы, лидирующее место принадлежит грибам родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. *Alternaria* – очень агрессивный патогенный род, который вызывает болезни у большого количества экономически важных культур. Во всем мире были идентифицированы 300 видов рода *Alternaria*, включая *A. dauci*, *A. radicinaria*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. brassicicola* и *A. solani*. Потери урожая от рода *Alternaria* могут достигать от 40 до 90%. У растений поражаются листья, черешки и стебли. Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на большинстве сельскохозяйственно-значимых культур. Наиболее распространенными являются: *F. oxysporum*, вызывающий болезни увядания и поражающий сосудистую систему растений; *F. avenaceum* – широко распространенный вид и *F. poae*, относящийся к секции *Sporotrichiella* Wollenw. Фузариоз – распространенная и опасная грибковая болезнь. Растения поражаются в любом возрасте. Гриб находится в почве и проникает в растение через корни и ранки. У молодых растений заболевание проявляется в виде загнивания корней и корневой шейки. Целью наших исследований был мониторинг, идентификация патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. и разработка схемы поэтапного включения фитопатологических методов в селекционный процесс. С использованием фитопатологических методов выделения возбудителей альтернариоза и фузариоза из разных органов растений и почвы создана коллекция наиболее агрессивных патогенов родов *Fusarium* и *Alternaria*. Проведенные сравнительные анализы информативности различных методов иммунологической оценки устойчивости в зависимости от рода возбудителя позволили разработать и апробировать схему последовательного включения в селекционный процесс различных методов, которые применимы на разных стадиях развития растений с целью повышения эффективности отбора на групповую устойчивость к *Fusarium* и *Alternaria*. Применяемая селекционно-иммунологическая система позволила создать новые толерантные гибриды, а кроме того, из различных линий, сортопопуляций был получен ценный исходный материал, обладающий комплексной устойчивостью к *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum*.

SYSTEMIC APPLICATION OF THE IMMUNOLOGICAL SCHEME FOR THE DIAGNOSIS OF *ALTERNARIA* SP. AND *FUSARIUM* SP.

L. M. Sokolova

¹*All-Russian Research Institute of Vegetable Crop Production – Branch, Federal Scientific Center of Vegetable Crop Production, d. Vereya, Moscow region, Russia.*

E mail: lsokolova74@mail.ru.

Keywords: *Fusarium* and *Alternaria*, phytopathological methods, selection, system, scheme. selection, system, scheme.

Summary. About 6400 genera, including more than 64000 species, belong to ascomycetes. A significant part of ascomycetes are saprotrophs, the leading place belongs to the fungi pp. *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. *Alternaria* species are a very aggressive pathogenic genus that causes diseases in a large number of economically important crops. 300 species of the genus *Alternaria* have been identified worldwide, including *A. dauci*, *A. radicinaria*, *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. brassicicola* and *A. solani*. Crop losses from the genus *Alternaria* can reach from 40 to 90%. Leaves, petioles and stems are affected. The genus *Fusarium* includes a number of species that are the causes of various diseases on most agriculturally significant crops. The most common are: *F. oxysporum*, causing wilting diseases and affecting the vascular system of plants. *F. avenaceum* is a widespread species, and *F. poae* belongs to the section *Sporotrichiella* Wollenw. *Fusarium* is a common and dangerous fungal disease.

Plants are affected at any age. The fungus is located in the soil and penetrates into the plant through the soil and wounds. In young plants, the disease manifests itself in the form of rotting of the roots and root neck. Based on the above pathogenesis, the purpose of our research was to monitor, identify pathogenic fungi pp. *Fusarium* sp. and *Alternaria* spp and develop a scheme with the gradual inclusion of phytopathological methods in the breeding process. Thus, using phytopathological methods of isolating pathogens of alternariasis and fusariasis from different organs of plants and soil, a collection of the most aggressive pathogens pp. *Fusarium* and *Alternaria* has been created. Comparative analyses of the informativeness of various methods of immunological assessment of resistance depending on the type of pathogen allowed us to develop and test a scheme for the sequential inclusion in the selection process of various methods that are applicable at different stages of plant development in order to increase the effectiveness of selection for group resistance to pathogens pp. *Fusarium* and *Alternaria*. The applied selection and immunological system of methods made it possible to create new tolerant hybrids, as well as valuable starting material with complex resistance to *A. radicina*, *A. dauci* and *F. oxysporum* was obtained from various lines and variety populations.

К аскомикотам относят примерно 6400 родов, включающих более 64000 видов [1]. Значительная часть аскомицетов – сапротрофы. В то же время среди них немало паразитов растений, включая возбудителей весьма тяжёлых болезней растений [2] – парши яблони, плодовой гнили, мучнистой росы, серой гнили. Лидирующее место принадлежит грибам родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. [3].

Alternaria – очень агрессивный патогеный род, который вызывает болезни у большого количества экономически важных культур: свеклы, лука, моркови, томата, зеленых, плодовых цитрусовых, клубники, табака, и т. д. [4]. Приблизительно 300 видов рода *Alternaria* были идентифицированы во всем мире, включая *Alternaria dauci*, *A. radicinaria*, *A. alternata*, *A. arborescens*, *A. brassicicola* и *A. solani* [5]. Род *Alternaria* вызывает заболевания почти у 400 видов растений. В числе наиболее агрессивных – *A. alternata* и *A. dauci*, поражающие почти 100 видов растений. Одна из причин высокой патогенности этого рода – выработка фитотоксина [6].

Потери урожая от рода *Alternaria* могут достигать от 40 до 90%. Поражаются листья, черешки и стебли. На листьях появляются коричневые пятна, окруженные темным ободком или без него. Кончики листьев отмирают. На черешках и стеблях пятна имеют вид бурых точек и штрихов. При сильном поражении листья закручиваются и засыхают, растение приобретает обваренный вид [7].

Род *Fusarium* включает в себя ряд видов, являющихся причинами различных заболеваний на большинстве сельскохозяйственно-значимых культур, таких как злаковые, овощные и др. Одними из самых важных в этом плане видов являются *F. oxysporum*, *F. avenaceum* и *F. roae*. Наиболее распространенными являются грибы вида *F. oxysporum*, вызывающие болезни увядания и поражающие сосудистую систему растений [8]. *F. avenaceum* – широко

распространенный вид, который может существовать в том числе как сапротит. *F. roae* относится к секции *Sporotrichiella* Wollenw [9].

Комплекс видов *Fusarium* включает в себя множество штаммов, вызывающих сосудистое увядание экономически важных культур во всем мире. Фузариоз – распространенная и опасная грибковая болезнь. Растения поражаются в любом возрасте. Гриб находится в почве и проникает в растение через корни и ранки. У молодых растений заболевание проявляется в виде загнивания корней и корневой шейки. В этих местах ткани буреют, стебель становится тоньше, листья желтеют. Вскоре все растение вянет и гибнет. Заболевание в основном распространяется очагами. Сильнее всего восприимчивы к болезни ослабленные растения [10].

Устойчивость к вредоносным болезням при накоплении огромного числа патогенов – одна из важнейших проблем в селекции овощных культур. Большое число патогенов и высокая восприимчивость к ним приводят к существенному снижению урожайности и качества продукции. Поэтому необходимо проводить постоянный мониторинг и идентификацию штаммов местных возбудителей болезней, а также подбирать исходные формы с повышенной устойчивостью к комплексу болезней [11, 12].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований было провести мониторинг, идентификацию патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. на овощных культурах и разработать схему поэтапного включения фитопатологических методов в селекционный процесс.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фитопатологический мониторинг патогенных грибов родов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp., а также отбор материала с признаками поражения осуществляли на полях селекционного севооборота ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО в условиях Московской области.

Исследования проводили по следующим методикам:

- идентификацию патогенов – в лаборатории корнеплодных культур и лука по методикам В.Ф. Белика [13], В.И. Леунова и др. [14];
- оценку заражённости семян – согласно ГОСТ 12044-93 от 2000 г.;
- выделение патогенов из растительного материала – по Н. Abe et al. [15], Л.М. Соколовой [16, 17];
- получение чистых культур и идентификацию патогенов – по Определителю патогенных и условно патогенных грибов [18];
- оценку степени агрессивности возбудителей *Fusarium* и *Alternaria* – по Э.А. Власовой, Е.И. Федоренко [19], Л.М. Соколовой [20];
- искусственное заражение – путём опрыскивания листовых пластин – по Г.Ф. Монахос и др. [21], Л.М. Соколовой [16, 22];
- искусственное заражение корнеплодных дисков (капельное нанесение супензии спор или инокулирование мицелиальными блоками) – по Э.А. Власовой, Е.И. Федоренко [19], Г.Ф. Першиной, Л.Т. Тиминой [23]; Л.М. Соколовой [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопатологический мониторинг во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО проводится с 2007 г. и по настоящее время на экономически значимых овощных культурах борщевой группы с целью выявления более агрессивных штаммов и видов вредоносных патогенов родов *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp., а также ежегодного последовательного отбора источников толерантности к изучаемому патокомплексу.

В патокомплексе любой сельскохозяйственной культуры присутствуют разные микромицеты, состав которых меняется в зависимости от климатических условий и сезонных изменений. В связи с этим на первоначальном этапе работы остро встал вопрос о выделении новых местных наиболее агрессивных штаммов патогенов родов

Alternaria sp. и *Fusarium* sp. с семенного материала, растений первого и второго года жизни, а также из почвенного профиля, так как в почве перезимовывает большое количество микромицетов, которые весной при благоприятных условиях начинают выходить на поверхность, тем самым нанося урон сельскохозяйственным культурам [22].

Отбор инфицированного материала проводили на полях селекционного севооборота. Всего за годы исследований было изучено более 60 изолятов микромицетов, и только 7 оказались патогенными. После серии лабораторных опытов в селекционную работу были отобраны агрессивные изоляты. Определение видовой принадлежности изолятов проводилось методом ПЦР-анализа [22]. В результате выявлены виды *A. radicina*, *A. dauci*, *F.avenaceum* (в 2007 г.) и *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum* (в 2012 г.).

В зависимости от биологических особенностей растений-хозяев и патогенных грибных болезней оценку толерантности проводили на искусственном инфекционном фоне (ИИФ). Для моркови столовой создание ИИФ заключалось во внесении в почву почвенных патогенов *A. radicina* и *F. oxysporum* с дополнительным опрыскиванием в период вегетации первогодников супензией спор *A. dauci* и *F. oxysporum* [22, 24]; для гороха овощного – во внесении в почву почвенного патогена *F. oxysporum* [25].

На данных участках проводится фитопатологическая оценка исходного коллекционного и селекционного материала с последующим отбором устойчивых генотипов для вовлечения их в скрещивания с целью получения стабильных урожаев овощной продукции. На этих же участках проводится оценка устойчивости вновь сознанных сортов и гибридов изучаемых культур [26].

В неконтролируемых условиях открытого грунта на естественном фоне (ЕИФ), напряженность которого зависит от агроклиматических показателей года, осуществляется оценка устойчивости к комплексу патогенов: моркови столовой – к альтернариозу, фузариозу; свеклы столовой – к фузариозу, церкоспорозу; гороха – к патокомплексу корневых гнилей.

Сопоставление результатов и расчет корреляции позволяет выбирать комплекс методов, которые дают возможность с меньшими затратами достичь положительных результатов при работе над устойчивостью.

Так, при комплексной оценке устойчивости разными методами на сортопопуляциях моркови столовой были получены 4 групп-

пы устойчивости/толерантности (табл. 1). В III группу, которая характеризуется как средневосприимчивая, вошли сортообразцы Витаминная 6, Лосиноостровская 13, Леандр, Нюанс, Королева осени, Топаз F₁, Звезда F₁, Колорит F₁, Иркут F₁. По образцам

Бирючекутская, Несравненная и Тайфун идет разброс по группам устойчивости от II до IV, что нацеливает нас на дальнейшую селекционную работу по выявлению устойчивых генотипов в сортопопуляциях моркови столовой.

Таблица 1

Группы устойчивости исходных сортопопуляций моркови столовой при оценке различными методами на соответствующих стадиях развития растений (2010–2014 гг.)

Stability groups of initial varietal populations of carrots in the assessment by different methods at the corresponding stages of plant development (2010-2014)

Сортообразец	1-й год вегетации						2-й год вегетации					
	семянцы <i>A.radicina</i> + <i>A.dauci</i>			листья <i>A.dauci</i>			корнеплод <i>A.radicina</i>			листья <i>A.dauci</i>		
	МкТ	ИИФ	ЕИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ПИФ	ЕИФ	ИИФ	ЕИФ	ИИФ	ЕИФ
Витаминная 6	III	III	II	III	II	III	II	II	III	III	III	III
Лосиноостровская 13	II	III	II	III	II	III	II	II	III	III	II	II
Суражевская 1	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Леандр	III	II	II	III	II	III	II	II	III	III	II	II
Нюанс	III	III	II	III	II	III	III	II	II	II	II	III
Московская зимняя А 515	III	III	II	III	II	III	III	II	II	II	II	III
Топаз F ₁	III	III	III	II	III	III	III	II	III	III	II	II
Звезда F ₁	III	III	II	III	III	III	III	III	III	III	II	II
Королева осени	III	III	III	II	III	III	III	III	III	III	III	III
Колорит F ₁	III	III	II	III	III	II	II	II	II	III	III	III
Иркут F ₁	III	III	II	II	III	II	II	II	II	II	II	II
Бирючекутская	IV	III	III	III	IV	IV	II	III	IV	IV	III	III
Несравненная	IV	III	III	III	IV	IV	III	III	III	III	III	III
Тайфун	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	IV	IV	IV

Примечание. II – относительно устойчивые; III – средневосприимчивые; IV – восприимчивые; МкТ – метод фильтрата культуральной жидкости (микотоксин); ИИФ – искусственное заражение растений в лабораторных условиях; ПИФ – полевой провокационный инфекционный фон; ЕИФ – естественный инфекционный фон в открытом грунте.

Note. II – relatively stable; III – moderately susceptible; IV – sensitive; MkT, f.k.g method; AIP – artificial infection of plants in laboratory conditions; FPIB – field provocative infectious background; NIB is a natural infectious background in open ground.

Результативность распределения по группам устойчивости в зависимости от проведенных опытов можно проследить с применением корреляционного анализа по проводимым методам (рис. 1, 2).

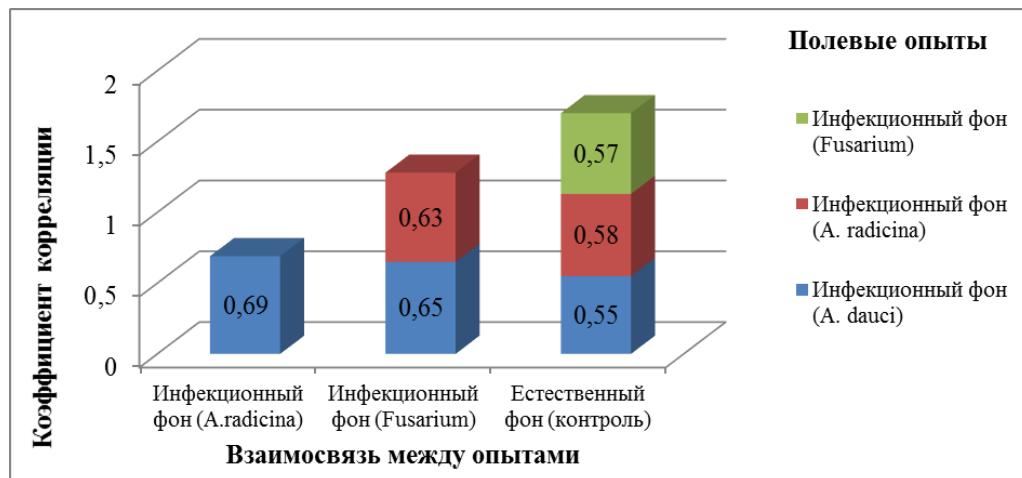


Рис. 1. Корреляционная взаимосвязь факторов между провокационным инфекционным фоном и естественным неконтролируемым фоном

Fig. 1. Correlation of factors between provocative infectious background and uncontrolled natural background

При расчете корреляций между лабораторными и полевыми опытами (см. рис. 2) мы выявили высокую взаимосвязь между полевым опытом, проводимым на провокационном инфекционном фоне (*A. radicina*), и заражением семян моркови столовой фильтратом

культуральной жидкости (микотоксин) в лабораторных условиях ($r = 0,78$), взаимосвязь между инфекционным фоном (*F. oxysporum*) и заражением в лабораторных условиях сеянцев моркови столовой ($r = 0,75$). Высокую связь можно проследить и на других опытах.



Рис. 2. Корреляционное взаимодействие полевых и лабораторных факторов

Fig. 2. Correlation interaction of field and laboratory factors

На рис. 3 представлена схема селекционного процесса, включающая мониторинг и выявление генетических источников устойчивости в агроценозах. Принцип данной схемы заключается в последовательности включения различных методов иммунологической оценки (они показаны стрелками) и чередования двулетнего и однолетнего циклов развития растений с целью повышения напряженности и эффективности последовательного отбора, а также экономии времени и селекционного материала.

Этапы применения данной схемы можно проследить при создании гибридов (рис. 4).

Проведение комплекса лабораторных опытов в межсезонный период позволяет ускорить селекционный процесс по получению устойчивого материала, так как дает возможность предварительно провести оценку большого числа сортообразцов. Но лабораторные опыты ни в коем случае не заменяют оценку толерантности на искусственных инфекционных и естественном неконтролируемом фоне.

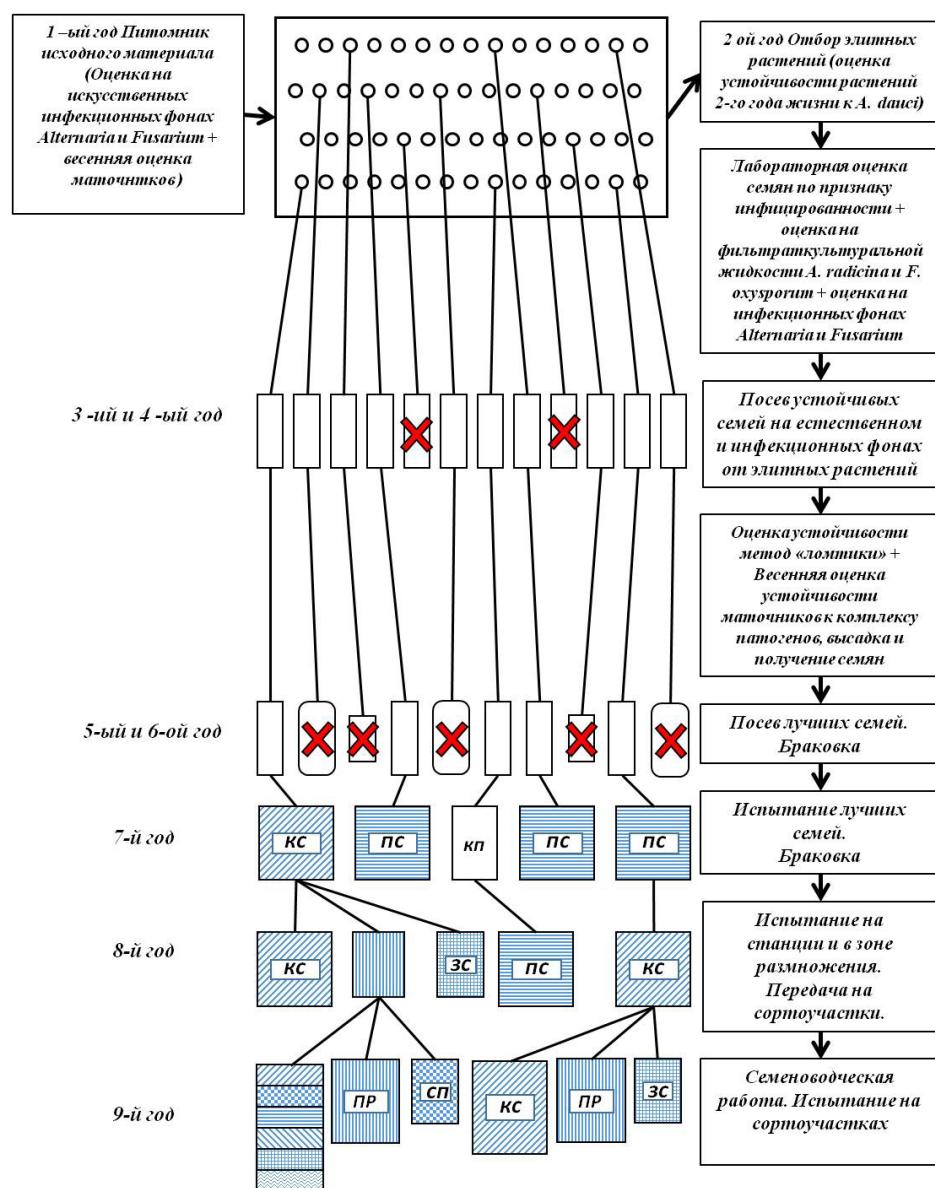


Рис. 3. Схема индивидуального отбора у самоопыляющихся растений (линии): селекционный (СП), селекционный и контрольный (КП) питомники; предварительное (ПС) и конкурсное (КС) сортоиспытание в контрольном питомнике; конкурсное и зональное (ЗС) сортоиспытание с предварительным размножением (ПР); семенной питомник (СП); предварительное размножение в семенном питомнике

Fig. 3. Scheme of individual selection in self-pollinating plants (lines): selection (S.P.), selection and control (C.P.) nurseries; preliminary (P.S.) and competitive (C.S.) variety trials in the control nursery; competitive and zonal (Z.S.) variety trials with preliminary multiplication (P.P.); seed nursery (S.P.); primary expansion in the seed nursery

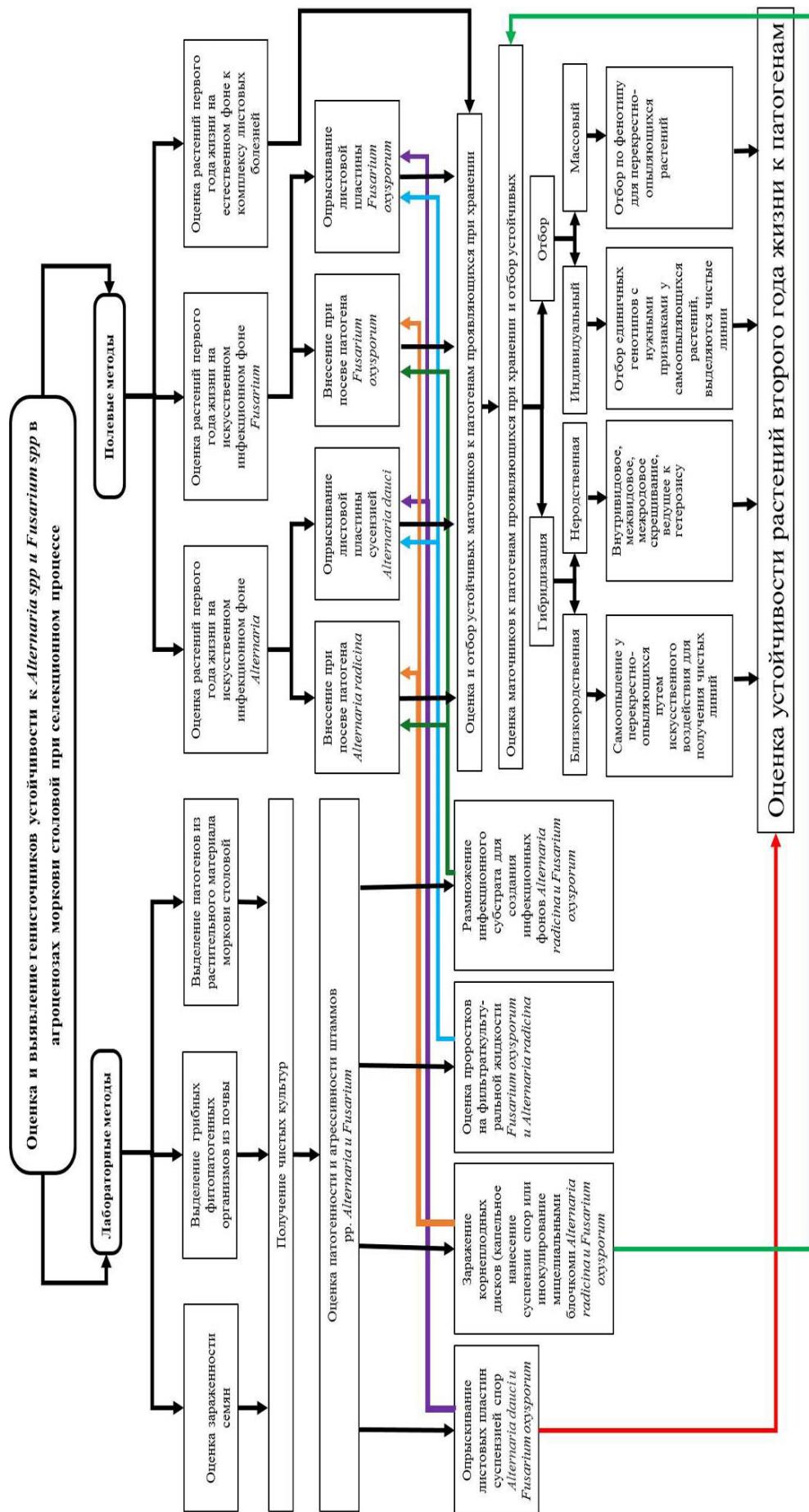


Рис. 4. Схема селекционного процесса, включающая мониторинг и выявление генисточников устойчивости в агроценозах моркови столовой

Fig. 4. Scheme of the breeding process, including monitoring and identifying gene sources of resistance in agroecosystems of table carrots.

ВЫВОДЫ

1. С использованием фитопатологических методов выделения возбудителей альтернариоза и фузариоза из разных органов растений и почвы создана коллекция наиболее агрессивных рас патогенов родов *Fusarium* и *Alternaria*.

2. Проведены сравнительные анализы информативности различных лабораторных методов и иммунологической оценки устойчивости растений овощных культур на искусственных инфекционных фонах (ИИФ) на разных стадиях онтогенеза (сейнец, вегетирующее растение первого года, корнеплод в

период хранения, семенное растение) и вида возбудителя.

3. Разработана и апробирована схема последовательного включения в селекционный процесс по созданию гибридов моркови столовой различных методов фитопатологической оценки на разных стадиях развития растений с целью повышения эффективности отбора на групповую устойчивость к возбудителям *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum*.

4. В результате применения селекционно-иммунологической системы методов из различных линий, сортовых и гибридных популяций получен ценный исходный материал с устойчивостью к отдельным видам и группе возбудителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Estimating the Phanerozoic history of the Ascomycota lineages: combining fossil and molecular data* / C. Beimforde, K. Feldberg, S. Nylander [et al.] // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2014. – Vol. 78. – P. 386–398. – DOI:10.1016/j.ympev.2014.04.024.
2. Белякова Г.А., Дьяконов Ю.Т., Тарасов К.Л. Ботаника. Т. 1: Водоросли и грибы. – М.: Академия, 2006. – С. 320.
3. Гарibova Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. – С. 220.
4. *Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria alternate* and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME)* / M. Meena, A. Zehra, M.K. Dubey [et al.] // Front. Plant Sci. – 2016. – Vol. 7. – DOI:1408. 10.3389/fpls.2016.01408.
5. *Thomma B.P. *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite* // Mol. Plant Pathol. – 2003. – Vol. 4. – P. 225–236. – DOI:10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
6. *Effect on lycopene, β-carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria alternate* and its toxins (TeA, AOH and AME)* / M. Meena, A. Zehra, P. Swapnil [et al.] // Arch. Phytopathol. Plant Protect. – 2017. – Vol. 50. – P. 317–329. – DOI:10.1080/03235408.2017.1312769.
7. *Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M. Alternaria diseases of carrot* // Plant Dis. – 2004. – Vol. 88. – P. 776–784. – DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
8. Beckman C.H. The Nature of Wilt Diseases of Plants. – St Paul MN: American Phytopathological Society Press, 1987.
9. *Фузариоз зерновых культур* / Т.А. Гагкаева, О.П. Гаврилова, М.М. Левитин, К.В. Новожилов // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2011. – № 5. – С. 112.
10. *First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China* / X.Y. Zhan, J. Hu, H.Y. Zhou [et al.] // The American Phytopathological Society. – 2014. – Vol. 98 (9). – DOI. 10.1094/PDIS-02-14-0156-PDN.
11. Соколова Л.М., Бухаров А.Ф., Иванова М.И. Применение последовательных отборов при селекции моркови столовой на устойчивость к *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. // Аграрная наука. – 2020. – № 6. – С. 78–83. – DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83.
12. Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M. Podatnosc trzech odmian marchwi na porażenie przez alternariozę w warunkach uprawy polowej // Folia Univ. Agriculturae Szczecinensis. Akad. rol. W Szczecinie. – Szczecin, 2004. Vol. 239. – P. 249–252.
13. Белик В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – С. 319.
14. *Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*)*: метод. рекомендации / В.И. Леунов, А.Н. Ховрин, Т.А. Терешонкова [и др.]. – 2011. – С. 61.

15. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* / H. Abe [et al]. – 1997. – Vol. 48. – P. 106–108.
16. Соколова Л.М. Создание исходного материала столовой моркови для селекции на устойчивость к *Alternaria radiciniae* M. DR. Et E, *Fusarium avenaceum*: автореф. дис. ... кан. с.-х. наук. – Веряя, 2010. – С. 32, 151.
17. Соколова Л.М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* spp. и *Fusarium* sp: метод. рекомендации. – М., 2022. – С. 56.
18. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: пер. с англ. – М.: Мир, 2001. – 486 с.
19. Власова Э.А., Федоренко Е.И. Методы оценки исходного и селекционного материала моркови на устойчивость к болезням // Науч.-техн. бюл. / Всесоюз. НИИ растениеводства им. Н.И.Вавилова. – Л., 1986. – Вып. 161: Столовые корнеплоды. – С. 28–34.
20. Соколова Л.М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней родов *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой // Картофель и овощи. – 2018. – № 3. – С. 21–24.
21. Монахос Г.Ф., Джалилов Ф.С., Монахос С.Г. Оценка устойчивости капустных растений к килю (возбудитель *Plasmodiophora brassicae* Wor.): учеб.-метод. пособие. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2009. – С. 24.
22. Соколова Л.М. Система селекционно - иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. с комплексом хозяйствственно-ценных признаков: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Одинцово, 2021. – С. 321.
23. Першина Г.Ф., Тимина Л.Т. Оценка устойчивости моркови к сухой фузариозной гнили // Науч.-техн. бюл. / ВИР. – Л., 1989. – Т. 192. – С. 46–49.
24. Соколова Л.М. Влияние погодных условий на распространенность болезней и устойчивость моркови столовой // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (174). – С. 21–26.
25. О методике создания инфекционного фона фузариоза гороха овощного. / Л.М. Соколова, В.В. Михайлов, О.О. Белошапкина, А.А. Егорова // Аграрная наука. – 2020. – № 7–8. – С. 92–98.
26. *F1 Красногорье* – современный гибрид моркови столовой / М.А. Косенко, А.В. Корнев, Л.М. Соколова, А.Н. Ховрин // Картофель и овощи. – 2020. – № 12. – С. 27–29.

REFERENCES

1. Beimforde C., Feldberg K., Nylander S., Rikkinen J., Tuovila H., Dörfelt H., Gube M., Jackson D. J., Reitner J., Seyfullah L.J., Schmidt A.R., Estimating the Phanerozoic history of the Ascomycota lineages: combining fossil and molecular data, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2014, Vol. 78, pp. 386–398, DOI:10.1016/j.ympev.2014.04.024.
2. Belyakova G.A., D'yakonov Y.U.T., Tarasov K.L., *Botanika. T. 1: Vodorosli i gribi* (Botany. T. 1: Algae and mushrooms), Moscow: Akademiya, 2006, p. 320.
3. Garibova L.V., Lekomceva S.N., *Osnovy mikologii: Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnyh organizmov* (Fundamentals of Mycology: Morphology and systematics of fungi and mushroom-like organisms), Moscow: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2005, p. 220.
4. Meena M., Zehra A., Dubey M.K., Aamir M., Gupta V.K., Upadhyay R.S., Comparative evaluation of biochemical changes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) infected by *Alternaria* alternate and its toxic metabolites (TeA, AOH, and AME), *Front. Plant Sci*, 2016, Vol. 7, DOI:1408.10.3389/fpls.2016.01408.
5. Thomma B.P., *Alternaria* spp.: from general saprophyte to specific parasite, *Mol. Plant Pathol*, 2003, Vol. 4, p. 225–236, DOI:10.1046/j.1364-3703.2003.00173.x.
6. Meena M., Zehra A., Swapnil P., Dubey M.K., Patel C.B., Upadhyay R.S., Effect on lycopene, β -carotene, ascorbic acid and phenolic content in tomato fruits infected by *Alternaria* alternate and its toxins (TeA, AOH and AME), *Arch. Phytopathol. Plant Protect*, 2017, Vol. 50, p. 317–329, DOI:10.1080/03235408.2017.1312769.

7. Farrar J.J., Pryor B.M., Davis R.M., Alternaria diseases of carrot, *Plant Dis*, 2004, Vol. 88, pp. 776–784, DOI: 10.1094/PDIS.2004.88.8.776.
8. Beckman C.H., The Nature of Wilt Diseases of Plants. St Paul MN: *American Phytopathological Society Press*, 1987.
9. Gagkaeva T.A., Gavrilova O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V., *Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rastenij»*, 2011, No. 5, pp. 112. (In Russ.)
10. Zhan X.Y., Hu J., Zhou H.Y., Hao J.J., Xue Y.F., Chen H., Wang B.G., First Report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* Causing Fusarium Dry Rot of Carrot in China, *The American Phytopathological Society*, 2014, Vol. 98 (9), DOI. 10.1094/PDIS-02-14-0156-PDN.
11. Sokolova L.M., Buharov A.F., Ivanova M.I., *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 6, pp. 78–83, DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-78-83. (In Russ.)
12. Mazur S., Nawrozki J., Gaweda M., Podatnosc trzech odmian marchwi na porażenie przez atternarioze w warunkach uprawy polowej, *Folia Univ. Agriculturae sretinensis. Akad. rol. W Szczecinie*, Szczecin, 2004, Vol. 239, p. 249–252.
13. Belik V.F., *Metodika opytnogo dela v ovoshchевodstve i bahchevodstve* (Methodology of experimental work in vegetable growing and melon growing), Moscow: Agropromizdat, 1992, p. 319.
14. Leunov V.I., Hovrin A.N., Tereshonkova T.A., Sokolova L.M., Gorshkova N.S., Alekseeva K.L., *Metody uskorennoj selekcii morkovi stolovoj na kompleksnuyu ustojchivost' k gribnym boleznyam (Alternaria i Fusarium)* (Methods for accelerated breeding of table carrots for complex resistance to fungal diseases (*Alternaria* and *Fusarium*)), 2011, 61 p.
15. Abe H. [et al.], Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan, 1997, Vol. 48, pp. 106–108.
16. Sokolova L.M., *Sozdanie iskhodnogo materiala stolovoj morkovi dlya selekcii na ustojchivost' k Alternaria radicinia M. DR. Et E. Fusarium avenaceum* (Creation of initial material of table carrots for breeding for resistance to *Alternaria radicinia* M. DR. Et E, *Fusarium avenaceum*), Extended abstract of candidate's thesis, 2010, p. 32.
17. Sokolova L.M., *Sistema kompleksnogo primeneniya selekcionno-immunologicheskikh metodov dlya sozdaniya sortov i gribidov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivost'yu k Alternaria sp. i Fusarium sp.* (The system of complex application of selection and immunological methods for the creation of varieties and hybrids of table carrots with group resistance to *Alternaria* spp. and *Fusarium* spp.), Moscow, 2022, p. 56.
18. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M., *Opredelitel' patogennyh i uslovno patogennyh gribov* (Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi), Moscow: Mir, 2001, 486 p.
19. Vlasova E.A., Fedorenko E.I., *Nauchno-tehnicheskij bjulleten'*, Vsesoyuz. NII rastenievodstva im. N.I. Vavilova, Leningrad, 1986, Vol. 161: Stolovye korneplody. pp. 28–34. (In Russ.)
20. Sokolova L.M., *Kartofel' i ovoshchi*, 2018, No. 3, pp. 21–24. (In Russ.)
21. Monahos G.F., Dzhalilov F.S., Monahos S.G., *Ocenka ustojchivosti kapustnyh rastenij k kile (vzbuditel' Plasmodiophora brassicae Wor.)* (Evaluation of resistance of cabbage plants to clubroot (pathogen *Plasmodiophora brassicae* Wor.)), Moscow: Izd-vo RGAU–MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2009, 24 p.
22. Pershina G.F., Timina, L.T., *Nauchno-tehnicheskij bjulleten'*, VIR, Leningrad, 1989, T. 192, pp. 46–49. (In Russ.)
23. Sokolova L.M., *Sistema selekcionno – immunologicheskikh metodov sozdaniya sortov i gribidov morkovi stolovoj s gruppovoj ustojchivost'yu k Alternaria sp. i Fusarium sp. s kompleksom hozajstvenno cennyh priznakov*, Doctor's thesis, Odincovo, 2021, p. 321.
24. Sokolova L.M., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (174), pp. 21–6. (In Russ.)
25. Sokolova L.M., Mihajlov V.V., Beloshapkina O.O., Egorova A.A., *Agrarnaya nauka*, 2020, No. 7–8, pp. 92–98. (In Russ.)
26. Kosenko M.A., Kornev A.V., Sokolova L.M., Hovrin A.N., *Kartofel' i ovoshchi*, 2020, No. 12, pp. 27–29. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-83-90

УДК 631.8: 632.5: 633.2. (571.51)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГЕРБИЦИДОВ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

¹**Ю.Н. Трубников**, доктор сельскохозяйственных наук

²**В.Л. Бопп**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

²Красноярский НИИСХ – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

E-mail: trubnikov124@yandex.ru

Ключевые слова: тимофеевка луговая, овсяница луговая, сорняки, гербициды, удобрения, семена, посевные качества.

Реферат. На темно-серых лесных почвах подтаежной зоны Приенисейской Сибири в структуре сорного компонента агрофитоценозов многолетних злаковых трав доминируют многолетние сегетальные и сегетально-рудеральные виды сорняков, доля которых составляет 60–70%. Применение гербицидов Магнум в посевах тимофеевки луговой сорта Казачинская 2 и Лонтрел-300 в посевах овсяницы луговой Казачинская 182 позволило снизить засоренность полей многолетними сорняками от средней степени до слабой. Гербициды снижают на 94% массу сорняков с 1 га, увеличивая при этом биомассу тимофеевки на 30%; на фоне удобрений масса сорняков снижается на 85,3%, а тимофеевки – увеличивается на 118 %. Минеральные удобрения повышают урожайность семян тимофеевки за 3 года пользования с 3,64 до 5,31–8,62 ц/га, семян овсяницы – с 3,22 до 4,97–6,91 ц/га. Максимальный сбор семян злаковых трав был получен в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ при основной доле влияния азотных удобрений, внесение которых увеличивало урожайность семян тимофеевки на 125 %, овсяницы – на 87 %. Внесение калийных удобрений обусловливало рост урожайности тимофеевки второго и третьего годов пользования на 160 и 190 % соответственно, а также овсяницы второго года пользования на 160 %. Посевные качества семян, характеризующиеся энергией прорастания, всхожестью и массой 1000 семян тимофеевки улучшились под влиянием фосфорных и калийных удобрений.

THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS AND HERBICIDES ON THE SEED PRODUCTIVITY OF PERENNIAL GRASSES IN YENISEI SIBERIA

¹**Yu.N. Trubnikov**, Doctor of Agricultural Sciences

²**V.L. Bopp**, PhD in Agricultural Sciences

¹FRC “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoyarsk, Russia

²Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - a separate subdivision of the FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: trubnikov124@yandex.ru

Keywords: timothy grass, meadow fescue grass, weeds, herbicides, fertilizers, seeds, sowing qualities.

Abstract. On the dark grey forest soils of the taiga zone of the Yenisei Siberia, the structure of the weed component of agrophytocenoses of perennial grasses is dominated by perennial segetal and segetal-ruderal weed species, the proportion of which is 60-70%. Using Magnum herbicides in timothy grass Kazachinskaya 2 and Lontrel-300 in the crops of meadow fescue grass Kazachinskaya 182 allowed for reducing the contamination of fields with perennial weeds from medium to weak. Herbicides reduce 94% the weight of weeds from 1 ha while increasing the biomass of timothy grass by 30%. Against the background of fertilizers, the weight of weeds decreased by 85.3%, and the importance of timothy grass increased by 118%. Mineral fertilizers increase the yield of timothy seeds for three years of use from 3.64 c / ha to 5.31-8.62 c / ha and oatmeal seeds - from 3.22 c/ ha to 4.97-6.91 c /ha. The complete collection of grass seeds was obtained on variants $N_{60}P_{60}K_{60}$ with the leading share of the influence of nitrogen fertilizers, the introduction of which increased the yield of timothy seeds by 125% and fescue by 87%. The introduction of potash fertilizers caused an increase in the output of timothy grass of the 2 and 3 g. p. by 160 and 190%, respectively, and fescue of the 2 g. p. by 160%. The sowing qualities of seeds characterized by germination energy, germination and weight of 1000 seeds of timothy increased under the influence of phosphorus and potash fertilizers.

В настоящее время общее поголовье крупного рогатого скота в Красноярском крае составляет 356,5 тыс. голов. В сельскохозяйственных предприятиях от одной лактирующей коровы в среднем получают около 5500 кг молока в год. Для достижения стабильных и более высоких результатов по молочной и мясной продуктивности необходимо обеспечить животноводство высококачественными кормами в соответствии с научно обоснованным рационом кормления. Природные условия земледельческой территории Приенисейской Сибири позволяют с успехом возделывать основные кормовые культуры, районированные сорта которых обладают высоким потенциалом урожайности и способны обеспечивать получение различных видов высококачественных кормов.

Основу рационов крупного рогатого скота составляют грубые и сочные корма. Главным источником сырья для заготовки сена служат сеянные многолетние травы, для успешного производства которых обязательным условием является обеспечение отрасли собственными семенами. В настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях Приенисейской Сибири, в состав которой, кроме Красноярского края, входят республики Хакасия и Тыва, семеноводство многолетних трав носит фрагментарный характер и не имеет практического значения. Семена завозятся в основном из других регионов Сибири.

В Красноярском крае урожайность семян многолетних злаковых трав низкая: в среднем по краю – 1,1 ц/га, в зоне подтайги – 0,4 ц/га. Основной видовой состав многолетних трав представлен тимофеевкой луговой, кострецом безостым и овсяницеей луговой. Все они относятся к многолетнему верховому рыхлокустовому типу злаковых растений. Эти культуры характеризуются высокой экологической пластичностью и приспособляемостью к различным абиотическим факторам [1]. Они отличаются высокой зимостойкостью, холодоустойчивостью, засухоустойчивостью и выдерживают продолжительное затопление, что наряду с продуктивным долголетием и устойчивостью к вытаптыванию придаёт им высокий агрономический статус при создании долголетних культурных пастбищ и сенокосов [2, 3]. Перевод земледелия на биологическую основу предусматривает восстановление деградированных агроландшафтов и сохранение плодородных свойств почвы за счёт широкого внедрения травосеяния [4]. Увеличение площадей посевов многолетних трав в севооборотах имеет не только

кормовое значение, но и является важнейшим аспектом сохранения плодородия почв [5]. Многолетние злаковые травы, растительные остатки которых характеризуются широким соотношением С : N, служат ценным источником углерода для регулирования гумусного состояния и азотного режима почв [6].

Одним из важнейших аспектов кормопроизводства является обеспечение отрасли семенами многолетних трав высших репродукций [7]. Технологии возделывания многолетних трав на семена отличаются от технологий выращивания их на кормовые цели. Практика выделения семенных участков из фуражных посевов не всегда даёт положительные результаты, поскольку необходимо создавать условия для образования и развития генеративных побегов, а не только вегетативной массы [8]. Высокая семенная продуктивность многолетних трав определяется агротехнологией их возделывания, к основным элементам которой относятся защита растений от вредных организмов и удобрения.

В условиях современного земледелия из-за распространения сорняков, болезней и вредителей недобор урожая составляет около 30% [9, 10] в том числе потери от сорной растительности – 15–20 %. Сорный компонент составляет существенную конкуренцию культурным растениям в поглощении и использовании питательных веществ, что негативно оказывается на пищевом режим агроценоза в целом, в результате этого резко снижается эффективность применяемых удобрений. Доказано, что под влиянием минеральных удобрений количество вынесенных сорняками питательных элементов увеличивается на 57 % [11] и при сильной засоренности может достигать 200 кг/га [12].

Оценивая современное состояние семеноводства многолетних трав в Приенисейской Сибири, можно констатировать, что эта отрасль не обеспечивает регион необходимым количеством семян, и земледельцы испытывают в них острый дефицит. В этой связи исследования, направленные на усовершенствование технологий возделывания многолетних трав на семена, представляют актуальное направление для реализации программы по устойчивому развитию кормопроизводства в регионе.

Цель исследований – усовершенствование агротехнологий получения высокой семенной продуктивности тимофеевки луговой и овсяницы луговой.

Задачи исследований: установить формирование типа засоренности фитоценоза

многолетних злаковых трав; определить численность и видовой состав сорняков в посевах тимофеевки луговой и овсяницы луговой в зависимости от удобрений и гербицидов; оценить влияние различных видов и сочетаний минеральных удобрений и гербицидов на урожайность и посевные качества семян тимофеевки луговой и овсяницы луговой.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на территории землепользования ОПХ «Казачинское» Красноярского НИИСХ (с. Мокрушенское Казачинского района Красноярского края), которое располагается в подтаежной зоне Чулымо-Енисейского геоморфологического округа. Агроклиматические ресурсы характеризуются следующими показателями: среднегодовая температура воздуха $-0,3\ldots-1,8^{\circ}\text{C}$; сумма активных температур (выше $+10^{\circ}\text{C}$) – $1400\ldots1650^{\circ}\text{C}$; сумма осадков за год – $400\ldots500$ мм; запасы продуктивной влаги в метровом слое – $175\ldots220$ мм; продолжительность безморозного периода – $80\ldots100$ дней [13].

Исследования проводились в 2014–2017 гг. Погодные условия имели существенные различия по годам. По количеству осадков за период активной вегетации (май–август) 2014 г. характеризовался как увлажненный (301 мм), 2015 г. – нормальный (226 мм), 2016 и 2017 гг. – засушливые (205, 195 мм). Конец апреля (начало отрастания трав) отличался более высокими показателями по теплу ($+3,4\ldots+4,6^{\circ}\text{C}$) по сравнению со среднемноголетними параметрами ($+1,5^{\circ}\text{C}$). Обеспеченность влагой в этот период (26–31 мм) находилась в пределах нормы (25 мм). Высокой вариабельностью выпадения осадков характеризовался 2014 г., когда в июне выпало 20 мм осадков (37 % от нормы), а в июле 167 мм (245 %). Высота снежного покрова за годы исследований варьировала от 40 до 70 см, глубина промерзания – от 120 до 150 см. В целом погодные условия отражали общий климатический статус подтаежной зоны.

Экспериментальные участки располагались на темно-серых лесных слабооподзоленных почвах: содержание гумуса – 5,2 %; рН – 5,7; гидролитическая кислотность – 3,1 мг-экв/100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 89%; содержание P_2O_5 повышенное – 14,1 мг/100 г почвы, K_2O среднее – 7,8 мг/100 г почвы (по Чирикову).

Объектом исследований служили районированные сорта местной селекции: тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) Казачинская 2 (включена в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону с 1975 г.) и овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) Казачинская 182 (включена в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону с 1978 г.).

Опыты располагались на делянках площадью 100 m^2 , повторность – четырёхкратная, расположение вариантов – систематическое в два яруса. Технология обработки почв – традиционная для подтаёжной зоны. Посев многолетних трав производился в первой декаде июня беспокровно, сплошным рядовым способом с нормой высева тимофеевки 5 кг/га, овсяницы – 7 кг/га. Глубина заделки семян тимофеевки – 1 см, овсяницы – 2 см. Минеральные удобрения по схеме опыта вносили перед посевом многолетних трав в виде аммиачной селитры, аммофоса и сернокислого калия. В опытах с травами первого, второго и третьего года пользования вносили только азотные удобрения весной, в период начала отрастания трав. Обработку посевов от сорняков проводили в первый год жизни трав в фазу кущения. В опытах с тимофеевкой использовался гербицид Магнум (8 г/га), в опытах с овсяницей – Лонтрел-300 (0,3 л/га) с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

Учет структуры сорного компонента в агрофитоценозах проводили в соответствии с методическими рекомендациями [14]. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ SNEDECOR [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общеизвестно, что система защиты посевов сельскохозяйственных культур зависит от интенсивности распространения и видового состава сегетальной и рудеральной растительности. Оценка засоренности агрофитоценозов тимофеевки луговой и овсяницы луговой показала, что в структуре сорного компонента доминируют многолетние сегетальные и сегетально-рудеральные виды сорняков: одуванчик лекарственный, осот желтый, полынь, бодяк полевой и др., доля которых в составе общего количества доминирующих сорняков составляет 60–70%. Тип засорения преимущественно корнеотпрысковый и стержнекорневой (табл. 1). Близкая по видовому составу засорённость посевов отмечалась и в агрофи-

тоценозах сопредельной Красноярской лесостепи, где доля сегетальных иrudеральных видов занимает 67 % от общего числа преобладающих видов [16]. Зональное сравнение

степени распространения и видового состава сорной растительности подчёркивает высокий адаптивный потенциал сорняков.

Таблица 1

Видовой состав сорняков в посевах тимофеевки луговой и овсяницы луговой на семена
Species composition of weeds in meadow thymothea and meadow fescue crops for seeds

Вид	Латинское название	Семейство	Биологическая группа
<i>Малолетние</i>			
Подмаренник цепкий	<i>Galium aparine</i>	Маревые	Зимующий
Смолевка вильчатая	<i>Silene dichotoma</i>	Гвоздичные	Яровой
Ромашка непахучая	<i>Matricaria inodora</i>	Сложноцветные	Зимующий
<i>Многолетние</i>			
Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i>	Сложноцветные	Стержнекорневой
Осот желтый	<i>Sonchus arvensis</i>	Сложноцветные	Корнеотпрысковый
Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i>	Сложноцветные	Стержнекорневой
Бодяк полевой	<i>Cirsium arvense</i>	Сложноцветные	Корнеотпрысковый
Льнянка обыкновенная	<i>Linaria vulgaris</i>	Сложноцветные	Корнеотпрысковый
Подорожник большой	<i>Plantago major</i>	Подорожниковые	Стержнекорневой
Горошек мышиный	<i>Vicia cracca</i>	Бобовые	Корнеотпрысковый
Сурепка обыкновенная	<i>Barbarea vulgaris</i>	Капустные	Стержнекорневой
Хвощ полевой	<i>Equiséum arvénse</i>	Хвощевые	Корневищный

Наши исследования показали, что применение гербицида Магнум в фазе кущения тимофеевки позволяло снизить засоренность посевов многолетними сорняками от средней степени до слабой (табл. 2), причем в варианте с гербицидом без удобрений к уборке насчитывалось 7 сорняков на 1 м², при использовании гербицида на фоне внесения минераль-

ных удобрений – 11 шт/м². Следовательно, применение удобрений улучшает условия минерального питания не только тимофеевки, но и сорной растительности что, в свою очередь, повышает её толерантность к гербицидам. Подобная закономерность отмечалась и в опытах с овсяницей, где применялся гербицид Лонтрел-300.

Таблица 2

Влияние гербицида и удобрений на засоренность посевов тимофеевки луговой и овсяницы луговой (среднее за 2 года)

Effect of herbicide and fertilizer on the weediness of meadow thymothea and meadow fescue (average for two years)

Вариант	Количество сорняков, шт/м ²			Степень засоренности
	малолетние	многолетние	всего	
<i>Тимофеевка луговая</i>				
Контроль	1	19	20	Средняя
Магнум, 8 г/га	1	6	7	Слабая
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Магнум, 8 г/га	1	10	11	Слабая
HCP ₀₅		2	3	
<i>Овсяница луговая</i>				
Контроль	4	21	25	Средняя
Лонтрел, 0,3 л/га	1	5	6	Слабая
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Лонтрел, 0,3 л/га	1	9	10	Слабая
HCP ₀₅	1	3	3	

Для более детальной оценки засорённости посевов проведен учёт доли сорного компонента в агроценозах тимофеевки (табл. 3). Применение гербицида на фоне минеральных удобрений повысило биомассу тимофеевки в 2,2 раза по сравнению с контролем, доля сорного компонента находилась в пределах 3,2%. Проведённые опыты наглядно демонстриру-

ют роль каждого элемента агротехнологий. Гербициды без удобрений снижают массу сорняков с 1 га на 94%, увеличивая при этом биомассу тимофеевки на 30%. На фоне удобрений масса сорняков с 1 га снижается на 85,3%, что обеспечивает увеличение массы тимофеевки на 118 %.

Доля сорного компонента в посевах тимофеевки в зависимости от уровня интенсификации (среднее за 2 года)

The proportion of weed component in thymotheevka crops depends on the level of intensification (average for two years)

Вариант	Общая биомасса, т/га	В том числе, т/га		К контролю, т/га				Доля сорного компонента, %	
		сорняков	культуры	сорняки		культура			
				т/га	%	т/га	%		
Контроль	3,49	1,16	2,33	-	-	-	-	33,2	
Магнум, 8 г/га	3,10	0,07	3,03	- 1,09	-94,0	+0,7	+30,0	2,3	
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Магнум, 8 г/га	5,25	0,17	5,08	-0,99	-85,3	+ 2,75	+118,0	3,2	
HCP _{0,5}		0,08	0,25						

Так как сорные растения обладают более развитой корневой системой и ускоренными темпами роста, они потребляют из почвы большое количество минеральных веществ [17]. Поэтому минеральные удобрения способствовали увеличению не только фитомассы культуры, но и фитомассы сорняков.

Условия минерального питания растений, которые регулируются в первую очередь посредством внесения различных видов, доз и сочетаний удобрений, оказывают существенное влияние на эффективное плодородие почв и их производительную способность [18]. Данные полевых опытов, представленные в табл. 4,5, позволяют оценить эффективность

минеральных удобрений по отклику семенной продуктивности тимофеевки луговой и овсяницы луговой.

Общей закономерностью для обоих видов трав является достоверная величина прибавки урожая под влиянием азотных удобрений. Сбор семян тимофеевки увеличивался на 125 %, овсяницы – на 87 %. Фосфорные удобрения определяли существенную прибавку урожая овсяницы второго года пользования (54%), в другие годы пользования этой культурой, а также в опытах с тимофеевкой дополнительный урожай находился в пределах НСР с устойчивой положительной тенденцией.

Влияние минеральных удобрений на урожайность семян трав, ц/га

Effect of mineral fertilizers on grass seed yields, c/ha

Вариант	Год пользования травами			Общая за 3 года	Средняя	Прибавка
	1-й	2-й	3-й			
1	2	3	4	5	6	7
<i>Тимофеевка луговая</i>						
Контроль*	0,71	1,53	1,40	3,64	1,21	-
N_{60}	1,75	3,00	3,40	8,15	2,72	1,51
P_{60}	1,11	2,00	2,20	5,31	1,77	0,56
K_{60}	0,97	2,52	2,70	6,19	2,06	0,85
$N_{60}P_{60}$	1,86	2,73	3,00	7,59	2,53	1,32
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,18	3,24	3,20	8,62	2,87	1,66
HCP _{0,5}	0,66	0,73	0,85			
<i>Овсяница луговая</i>						
Контроль				3,22		-

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
N_{60}	1,82	2,15	2,02	6,00	2,00	0,93
P_{60}	1,32	1,88	1,82	5,02	1,67	0,60
K_{60}	1,25	1,93	1,79	4,97	1,66	0,59
$N_{60}P_{60}$	1,95	1,89	2,12	5,96	1,99	0,92
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,15	2,54	2,22	6,91	2,30	1,23
HCP_{05}	0,53	0,65	0,68			

* Гербицид внесён только под посев трав 1-го года жизни во всех вариантах.

Внесение калийных удобрений обусловливало рост урожайности тимофеевки второго и третьего годов пользования, а также овсяницы второго года пользования. Внесение азотно-фосфорного и полного минеральных удобрений обеспечивало получение дополнительного урожая, величина которого по сравнению с вариантами одностороннего применения удобрений не превышала достоверной разницы при общем положительном тренде.

Оценивая урожайность трав по годам пользования, можно заключить, что без удобрений тимофеевка и овсяница продуцируют наибольшее количество семян во второй год пользования. В удобренных вариантах опытов с тимофеевкой отмечался поступательный рост урожайности семян от первого к третьему году пользования. В опытах с

овсяницей максимальная отдача от удобрений была получена во второй год учёта урожайности семян.

За счёт внесения минеральных удобрений общая урожайность тимофеевки луговой за 3 года пользования увеличилась с 3,64 ц/га в контроле до 5,31–8,62 ц/га в удобренных вариантах. Суммарная семенная продуктивность овсяницы возросла под влиянием удобрений на 1,7–3,7 ц/га. Максимальный сбор семян злаковых трав был получен в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$, хотя основное значение в питании тимофеевки и овсяницы имеют азотные удобрения.

В опытах с тимофеевкой было изучено влияние минеральных удобрений на её посевные качества: энергию прорастания, всхожесть и массу 1000 семян (табл. 5).

Таблица 5

Влияние удобрений на посевные качества семян тимофеевки
Effect of fertilizers on seed quality of timothy's seeds

Вариант	Год пользования травостоем								
	1-й			2-й			3-й		
	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, г	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Масса 1000 семян, г
Контроль	38,3	79,3	0,60	40,3	85,5	0,45	44,3	91,3	0,40
N_{60}	34,0	74,7	0,87	41,2	84,4	0,56	40,0	89,3	0,48
P_{60}	47,3	82,0	0,68	46,6	88,2	0,56	44,7	91,7	0,48
K_{60}	50,0	88,3	0,53	44,4	89,5	0,43	41,3	86,0	0,46
$N_{60}P_{60}$	40,3	74,3	0,74	45,8	89,0	0,60	40,7	87,0	0,43
$N_{60}P_{60}K_{60}$	46,7	82,3	0,82	42,2	84,7	0,65	46,3	85,3	0,48
HCP_{05}	4,6	8,7	0,10	4,0	4,7	0,09	4,4	8,7	0,07

Данные, полученные в опытах, показывают, что в целом, за исключением показателей всхожести семян тимофеевки первого года пользования в контролльном варианте и в вариантах с участием азота, семена по своим качественным показателям относятся к категории элитных. Энергия прорастания,

всхожесть и масса 1000 семян тимофеевки повышаются под влиянием фосфорных и калийных удобрений. Эта закономерность согласуется с известными физиологическими и агрохимическими функциями фосфора и калия при формировании репродуктивных органов растений [19, 20].

ВЫВОДЫ

1. На темно-серых лесных почвах подтаежной зоны Приенисейской Сибири доминирует корнеотпрысковый и стержнекорневой тип засорения. В структуре сорного компонента агрофитоценозов тимофеевки луговой и овсяницы луговой преобладают многолетние сегетальные и сегетально-рудеральные виды сорняков, доля которых в составе общего количества сорных растений составляет 60–70%.

2. Из малолетних сорняков чаще встречаются подмаренник цепкий, смолёвка вильчатая, ромашка непахучая, из многолетних – одуванчик лекарственный, осот желтый, полынь обыкновенная, льнянка обыкновенная, хвощ полевой и др.

3. Применение гербицидов Магнум в посевах тимофеевки и Лонтрел-300 в посевах

овсяницы позволило снизить засоренность полей многолетними сорняками от средней степени до слабой. Гербициды снижают на 94% массу сорняков с 1 га, увеличивая при этом биомассу тимофеевки на 30%, на фоне удобрений масса сорняков снижась на 85,3%, а тимофеевки – увеличивалась на 118 %.

4. Минеральные удобрения повышали урожайность семян тимофеевки за 3 года пользования с 3,64 до 5,31–8,62 ц/га, семян овсяницы – с 3,22 до 4,97–6,91 ц/га. Энергия прорастания, всхожесть и масса 1000 семян тимофеевки увеличиваются под влиянием фосфорных и калийных удобрений. Максимальная урожайность семян тимофеевки луговой и овсяницы луговой была получена в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 8,62 и 6,91 ц/га соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулаков В.А., Щербаков М.Ф. Продуктивность травосмесей на основе овсяницы луговой // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 39–40.
2. Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири: биологические основы возделывания. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. – 264 с.
3. Макарова Г.И. Многолетние кормовые травы Сибири. – Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во. Ом. отд-ние, 1974. – 248 с.
4. Золотарев В.Н., Сапрыкин С.В. Травосеяние и семеноводство многолетних трав в структуре растениеводства как основа биологизации земледелия и развития кормопроизводства в региональном аспекте // Кормопроизводство. – 2020. – № 5. – С. 3–15.
5. Агроландшафты Восточной Сибири для кормопроизводства и агроэкологии / И.А. Трофимов, В.М. Косолапов, Л.С. Трофимова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 2. – С. 8–11. – DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10202.
6. Никитишен В.И. Эколого-агрохимические основы сбалансированного применения удобрений в адаптивном земледелии. – М.: Наука, 2003. – С. 53.
7. Кашеваров Н.И., Данилов В.П. Результаты научных исследований для сибирского кормопроизводства // Вестник НГАУ. – 2014. – № 2. – С. 60–65.
8. Глинчиков И.М. Семеноводство многолетних и однолетних кормовых культур в Сибири / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2002. – 268 с.
9. Баздырев Г.И. Фитосанитарное состояние посевов в условиях интенсивного земледелия // Изв. ТСХА. – 1983. – Вып. 3. – С. 28–39.
10. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Экологические основы интегрированной защиты растений. – М.: Колос, 2007. – 568 с.
11. Научные основы комплексного применения средств химизации и экологические аспекты интенсивного земледелия / А.М. Алиев, В.Г. Сычёв, Г.И. Ваулина [и др.]. – М.: ВНИИА, 2013. – 196 с.
12. Ладонин В.Ф., Алиев А.М. Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Агропромиздат, 1991. – 270 с.
13. Сергеев Г.М. Островные лесостепи и подтайга Приенисейской Сибири. – Иркутск: Вост. - Сиб. кн. изд-во, 1971. – 264 с.
14. Методы учета структуры сорного компонента в агрофитоценозах: учеб. пособие / сост.: И.В. Фетюхин, А.П. Авдеенко, С.С. Авдеенко [и др.]. – Персиановский: Донской ГАУ, 2018. – 76 с.

15. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск, 2004. – 162 с.
16. Бекетова О.А., Старикова Е.А. Анализ распределения видов сорных растений на сегетальных иrudеральных местообитаниях // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 11. – С. 3–9.
17. Никонова Г.Н., Никонов М.В. Вынос сорняками элементов питания из почвы в посевах ярового рапса // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 36–37.
18. Топтыгин В.В., Трубников Ю.Н. Моделирование эффективного плодородия почв Приенисейской Сибири // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 14–16.
19. Гинзбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1981. – С. 36–61.
20. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – С. 13–17.

REFERENCES

1. Kulakov V.A., Shherbakov M.F., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2008, No. 5, pp. 39–40. (In Russ.)
2. Goncharov P.L., *Kormovye kul'tury Sibiri: biologo-botanicheskie osnovy vozdelyvaniya* (Forage crops of Siberia: biological and botanical foundations of cultivation), Novosibirsk: Izd-vo Novosib. un-ta, 1992, 264 p.
3. Makarova G.I., *Mnogoletnie kormovye travy Sibiri* (Perennial fodder grasses of Siberia), Omsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo. Om. otd-nie, 1974, 248 p.
4. Zolotarev V.N., Saprykin S.V., *Kormoproizvodstvo*, 2020, No. 5, pp. 3–15. (In Russ.)
5. Trofimov I.A., Kosolapov V.M., Trofimova L.S. [i dr.], *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2018, No. 2, pp. 8–11, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10202. (In Russ.)
6. Nikitishen V.I., *Jekologo-agrohimicheskie osnovy sbalansirovannogo primenenija udobrenij v adaptivnom zemledelii* (Ecological and agrochemical foundations of balanced use of fertilizers in adaptive agriculture), Moscow: Nauka, 2003, pp. 53.
7. Kashevarov N.I., Danilov V.P., *Vestnik NGAU*, 2014, No. 2, pp. 60–65. (In Russ.)
8. Glinchikov I.M., *Semenovodstvo mnogoletnih i odnoletnih kormovyh kul'tur v Sibiri* (Seed production of perennial and annual fodder crops in Siberia), RASHN, Sib. otd-nie, SibNIIkormov, Novosibirsk, 2002, 268 p.
9. Bazdyrev G.I., *Izv. TSHA*, 1983, No. 3, pp. 28–39. (In Russ.)
10. Chulkina V.A., Toropova E.Ju., Stecov G.Ja., *Jekologicheskie osnovy integrirovannoj zashchity rastenij* (Ecological foundations of integrated plant protection), Moscow: Kolos, 2007, 568 p.
11. Aliev A.M., Sychjov V.G., Vaulina G.I., Samojlova L.N., *Nauchnye osnovy kompleksnogo primenenija sredstv himizacii i jekologicheskie aspekty intensivnogo zemledelija* (Scientific foundations for the integrated use of chemicals and environmental aspects of intensive farming), Moscow: VNIIA, 2013, 196 p.
12. Ladonin V.F., Aliev A.M., *Kompleksnoe primenenie gerbicidov i udobrenij v intensivnom zemledelii* (Complex application of herbicides and fertilizers in intensive farming), Moscow: Agropromizdat, 1991, 270 p.
13. Sergeev G.M., *Ostrovnye lesostepi i podtaiga Prienisejskoj Sibiri* (Island forest-steppes and sub-taiga of Yenisei Siberia), Irkutsk: Vost. - Sib. kn. izd-vo, 1971, 264 p.
14. Fetjuhin I.V., Avdeenko A.P., Avdeenko S.S., Chernenko V.V., Rjabceva N.A., *Metody ucheta struktury sornogo komponenta v agrofitocenozaх* (Methods for accounting for the structure of the weed component in agrophytocoenoses), Persianovskij: Donskoj GAU, 2018, 76 p.
15. Sorokin O.D., *Prikladnaja statistika na kompjutere* (Applied statistics on the computer), Novosibirsk, 2004, 162 p.
16. Beketova O.A., Starikova E.A., *Vestnik KrasGAU*, 2016, No. 11, pp. 3–9. (In Russ.)
17. Nikonova G.N., Nikonov M.V., *Zemledelie*, 2008, No. 2, pp. 36–37. (In Russ.)
18. Toptygin V.V., Trubnikov Ju.N., *Zemledelie*, 2014, No. 6, pp. 14–16. (In Russ.)
19. Ginzburg K.E., *Fosfor osnovnyh tipov pochv SSSR* (Phosphorus of the main types of soils of the USSR), Moscow: Nauka, 1981, pp. 36–61.
20. Prokoshev V.V., Derjugin I.P., *Kalij i kalijnye udobrenija* (Potash and potash fertilizers), Moscow: Ledom, 2000, pp. 13–17.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-91-98

УДК 633-85

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЯРОВОГО РАПСА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ

О.О. Чернышева, лаборант-исследователь

В.В. Вахрушева, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.Н. Прядильщикова, старший научный сотрудник

*Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного и лугопастбищного хозяйства
им. А.С. Емельянова, Молочное, Россия*

E-mail: olechkaaronova@gmail.com

Ключевые слова: яровой рапс, сорт, гибрид, урожайность, зеленая масса, продуктивность, питательность.

Реферат. Научные исследования выполнены на опытном поле Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН, расположенному в д. Дитятево Вологодского района. Почва под полевым опытом – дерново-подзолистая среднесуглинистая среднеокультуренная. Яровой рапс является ценной масличной, кормовой и технической культурой. Его успешно можно выращивать в большинстве регионов Российской Федерации, в том числе и в Вологодской области. В полевом опыте изучали выращивание двух сортов отечественной селекции – Юбилейный и Набат и трёх гибридов ярового рапса зарубежной селекции – Смилла, Сальса КЛ и Миракль. Изучалась продуктивность и питательность сортов ярового рапса в условиях Севера-Запада РФ за 2020 и 2021 гг. В сложившихся неблагоприятных погодных условиях: в 2020 г. из-за недостаточного обеспечения теплом, а в 2021 г. вследствие недостаточного увлажнения – задерживалось прохождение фаз развития, что негативно сказалось на урожайности ярового рапса. Уборку на зелёную массу проводили в рекомендованные фазы развития растений – конца фазы бутонизации и начала цветения. Высокую урожайность зеленой массы в 2020 г. обеспечили отечественные сорта Юбилейный и Набат (14,1 и 12,3 т/га), в 2021 г. – гибриды иностранных селекций Сальса КЛ и Миракль (10,9 и 10,2 т/га). По содержанию протеина и жира в зеленой массе наилучшие показатели за 2 года исследований получены у сортов Сальса КЛ и Миракль (в 2020 г. протеина – 14,1%, жира – 3,1–3,3%; в 2021 г. – 14,4–15,9, и 2,6–2,9% соответственно).

PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF THE GREEN MASS OF VARIETIES AND HYBRIDS OF SPRING RAPESEED IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

О.О. Chernysheva, Laboratory researcher

В.В. Vakhrusheva, PhD in Agricultural Sciences

Е.Н. Pryadilshchikova, Senior Researcher

*North-Western Scientific Research Institute of Dairy and Grassland Farming, named after A.S. Emelyanova,
Molochnoe, Russia*

E-mail: olechkaaronova@gmail.com

Keywords: spring rapeseed, variety, hybrid, productivity, green mass, productivity, nutritional value.

Abstract. Scientific research was carried out on the experimental field of the North-Western Scientific Research Institute of Dairy and Grassland Farming, a separate subdivision of the VolRC RAS (Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences), located in the village of Dityatyev, Vologda region. The soil under the field experiment is soddy-podzolic, medium loamy, and medium cultivated. Spring rapeseed is a valuable oilseed, fodder and industrial crop. It can be successfully grown in most regions of the Russian Federation, including the Vologda region. In the field experiment, we studied the cultivation of two varieties of domestic breeding - Yubileiny and Nabat and three hybrids of spring rapeseed of foreign breeding - Smilla, Salsa KL and Mirakl. The authors studied the productivity and nutritional value of spring rape varieties in the conditions of the North-West of the Russian Federation for 2020 and 2021. In the current unfavourable weather conditions in 2020, the development phases were delayed due to insufficient heat supply and insufficient moisture in 2021, which negatively affected the spring rapeseed crops. Harvesting for green mass was carried out in the recommended phases of plant development - the end of the newborn stage and the beginning of flowering. The high yield of

the green group in 2020 was provided by the domestic varieties Yubileiny and Nabat (14.1 and 12.3 t/ha), and in 2021 - hybrids of foreign selection Salsa KL and Mirakl (10.9 and 10.2 t/ha). In terms of protein and fat content in the green mass, the best indicators for two years of research are in the varieties Salsa Kl and Miracle (in 2020, protein - 14.1%, fat - 3.1-3.3%; in 2021, protein 14.4- 15.9%, fat - 2.6-2.9%).

Яровой рапс – ценная масличная, кормовая и техническая культура [1]. Его успешно можно выращивать в большинстве регионов Российской Федерации, в том числе и в Северо-Западном. Вологодская область является северной территорией России, где значительная часть пахотных земель находится в неблагоприятной климатической обстановке. Однако большая часть возделываемых масличных культур хорошо приспособилась к особенностям российского климата в результате многолетней адаптивной селекции [2]. Основной масличной культурой в Нечерноземной зоне является яровой рапс семейства капустных. Для эффективного использования этой культуры Всероссийский научно-исследовательский институт кормов разработал концепцию возделывания рапса для производства высокобелковых кормовых добавок, зеленого корма и высококачественного растительного масла [3].

Рапс высоко ценится как источник пищевого растительного масла и как источник биотоплива. Отходы переработки семян – жмы и шрот – высокобелковые концентраты, которые могут быть использованы в рационах жвачных животных, а также в рационах свиней и птицы [2–6]. Ценным кормом является и зеленая масса рапса, которая отличается высокой усвояемостью, незначительным содержанием клетчатки. Зеленая масса, убранная до цветения, является хорошим сырьем для производства сеносырья, сенажа, зерносенажа, травяной муки и гранул [7]. Рапс характеризуется высокой холостойностью, низким расходом семян, интенсивным темпом формирования урожая зеленой массы, хорошим отрастанием после укоса в ранние сроки, что позволяет использовать конвейерность поступления зеленой массы рапса на кормовые цели с ранней весны до поздней осени [3, 4]. Рапс ценен и как сидеральная культура. С агротехнической точки зрения, 1 т зеленой массы, запаханной до цветения, равноценна внесению 6 т навоза. Рапс – хороший предшественник зерновых и снижает поражение урожая корневыми гнилями [3, 7].

Выращивание рапса экономически выгодно, но в то же время весьма затратно. В связи с этим при возделывании рапса важно также повышение качества получаемого продукта и снижение материально-технических затрат

на его производство наряду с увеличением урожайности. Одним из путей улучшения эффективности производства и качества урожая рапса ярового является выведение новых высокопродуктивных сортов и гибридов [8, 9].

Каждый год появляются новые аспекты техники посева и ухода за посевами, новые сорта, что стимулирует проводить сортовые испытания для дальнейшего районирования. Стоит отметить, что основу всей технологии составляют правильно подобранные сорта и гибриды. В связи с этим ставится задача подобрать для каждой почвенно-климатической зоны наиболее адаптивные сорта рапса, полностью отвечающие всем производственным требованиям [10, 11].

Используемые сорта играют важную роль в улучшении современного сельскохозяйственного производства, потому что необходимо получать более высокие урожаи как в благоприятных, так и в экстремальных погодных условиях. Следует приложить усилия для выявления эффективных сортов, которые лучше всего приспособлены к суровым условиям региона [12, 13].

Постепенное расширение площадей возделывания рапса объясняется использованием высокопродуктивных сортов и гибридов, а также интенсивными технологиями производства [14, 15].

При испытании ярового рапса выявляются лучшие гибриды и сорта для конкретных почвенно-климатических условий [16].

Цель исследований – выявить эффективные по продуктивности и питательности зеленой массы сорта и гибриды ярового рапса в условиях Севера-Запада РФ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на опытном поле СЗНИИМЛПХ – обособленного подразделения ФГБУН «Вологодский научный центр РАН», расположенном в д. Дитятьево Вологодского района [17].

Полевой опыт проведен по методике ВНИИ кормов, статистическая обработка – методом дисперсионного анализа [18].

Высевали два сорта ярового рапса – Юбилейный и Набат (страна происхождения – Россия) и три гибрида F₁ – Смилла,

Сальса КЛ и Миракль (страна происхождения – Германия) [19]. В течение вегетационного периода проводился подсчет густоты стояния растений после всходов, фенологические наблюдения, учет урожайности зелёной массы с определением питательности.

Сорт ярового рапса Юбилейный создан в Сибирской опытной станции ВНИИМК методом многократного индивидуально-семейственного отбора из шведского сорта Глобаль. Ширина семядоли средняя. Антоциановая окраска гипокотиля отсутствует или очень слабая. Куст полусомкнутый, высотой 59,3–116,5 см. Стебель без антоциана, неопущенный. Высота прикрепления нижних ветвей 44 см. Лист зеленый, слаборассеченный, без антоциана, неопущенный, восковой налет средний. Степень развития долей средняя. Соцветие кистевидное. Цветок желтый. Пятнистость пыльника отсутствует. Время цветения и способность к цветению при посеве в конце оптимального весеннего срока сева средняя. Стручок светло-коричневый, без антоциана, неопущенный. Семена округло-шаровидные, темно-коричневые. Масса 1000 семян 3,4–4,5 г. Вегетационный период до созревания семян 95–132 дня [20].

Сорт ярового рапса Набат создан методом гибридизации сортов Ярвэлон x LG 3260. Высота растений 84–97 см. Лист зелёный, средней длины и ширины, количество долей малое, зубчатость слабая. Растение при полном цветении высокое, по общей длине, включая боковые ответвления, длинное. Стручок (без носика) средний, носик и цветоножка средней длины.

Смилла – гибрид первого поколения. Лист зелёный, средней длины и ширины, доли отсутствуют, зубчатость края средняя. Время цветения очень раннее. Стручок: носик средней длины, цветоножка короткая. Содержание жира в семенах от 42,6 до 44,8%, сбор масла – от 2,0 до 5,6 ц/га. Вегетационный период от 81 до 87 дней. Высота растений 82–92 см.

Сальса КЛ – гибрид первого поколения. Семядоли средней длины и ширины. Лист зеленый, зубчатость края листа средняя, долей среднее количество либо много. Время цветения раннее. Лепесток желтый, длинный, средней ширины или широкий. Образование пыльцы имеется. Стручок без носика короткий или средний, носик короткий или средний, цветоножка средней длины. Вегетационный период 95–104 дней. Устойчивость к полеганию 4,7–4,9 балла, к осыпанию 3,5–4,6 балла. Высота растений 98,4–102,9 см, высота прикрепления нижней ветви 38,6–46,9 см. Масса 1000 семян 3,6–4,0 г. Содержание жира в семенах 44,7–50,9%.

Миракль – гибрид первого поколения. Лист зелёный, количество долей среднее, зубчатость края средняя. Стручок (без носика) средний или длинный, носик средний или длинный, цветоножка средней длины. Вегетационный период 94–102 дня. Высота растений 109–115 см. Содержание жира в семенах в среднем от 46,7–47,7%.

Характеристика посевных качеств высевянных семян и норма их высева представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика посевных качеств высевянных семян
Characteristics of the sowing qualities of the sown seeds

Сорт (гибрид)	Всходесть, %	Чистота, %	Масса 1000 семян, г	Норма высева, кг/га
Юбилейный	95	100	4,0	12,0
Смилла	98	100	4,7	13,0
Набат	84	100	2,6	9,0
Сальса КЛ	89	100	3,9	12,0
Миракль	82	100	5,6	18,0

Почва под полевым опытом – дерново-подзолистая среднесуглинистая среднеокультуренная. На опытном поле минеральные удобрения вносили в 2020 г. в дозе $N_{90}P_{45}K_{60}$, в 2021 г. – $N_{90}P_{60}K_{60}$. Подготовка почвы включала зяблевую вспашку, перед посевом весной почву культивировали.

Уборку на зелёную массу проводили в рекомендованные фазы развития растений – конец фазы бутонизации и начало цветения.

В 2020 г. вегетационный период отличался различными климатическими условиями, в целом недостаточной теплообеспеченностью и избытком влаги. Это повлияло на удлинение вегетационного периода и снижение урожайности ярового рапса. В 2021 г. наблюдалась жаркая и сухая погода как в начале вегетационного периода, так и в период фазы бутонизации. Недостаток влаги вызвал замедление роста растений и сказался на урожайности

ярового рапса. К концу вегетации перед сбором урожая выпало достаточно осадков, чтобы оказать положительное влияние на посевы. Данные по тепло- и влагообеспеченности

территории Вологодской области за вегетационный период в 2020 и 2021 гг. представлены на рис. 1.

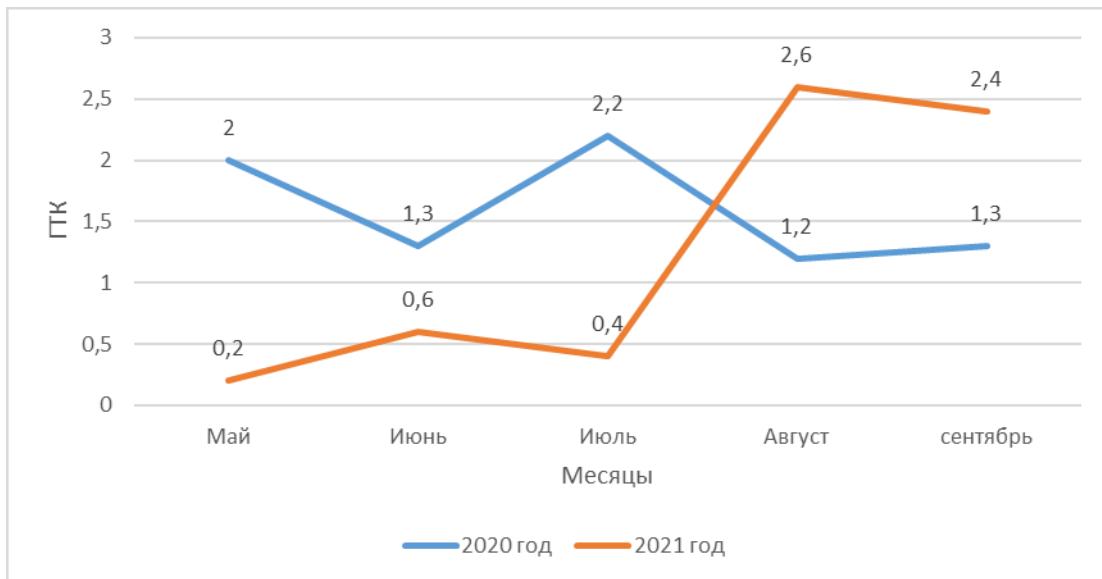


Рис. 1. Гидротермический коэффициент за вегетационный период в 2020 и 2021 гг.

Fig. 1. Hydrothermal coefficient for the growing season in 2020 and 2021.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из-за складывающихся погодных условий посев рапса в 2020 г. проведен 28 мая. Дружное появление всходов отмечено у изучаемых гибридов зарубежной селекции (Смилла, Сальса КЛ и Миракль) – на 10-й день после посева. Позднее начали всходить сорт Набат и Юбилейный – на 13-й день после посева. Полевая всхожесть ярового рапса варьировала от 66 до 98% в зависимости от сорта. Наибольшая всхожесть отмечена у гибрида Сальса КЛ – 98%.

Высота растений к уборке на зелёную массу составила на 16 июля у сортов Смилла,

Сальса КЛ и Миракль 58–59 см; на 30 июля у сорта Набат – 81 см, сорта Юбилейный – 88 см. В 2021 г. посев рапса был произведен 13 мая. У изучаемых сортов и гибридов установлено дружное появление всходов. Полевая всхожесть отмечена в зависимости от сорта менялась от 55 до 90%. Лучшая всхожесть у сорта Смилла – 90%. К уборке на зеленую массу 6 июля высота растений составила у сортов Смилла, Сальса КЛ и Набат 60–61 см, у сорта Миракль – 67 см и у сорта Юбилейный – 69 см.

Полевая всхожесть семян по сортам и гибридам представлена в табл. 2.

Таблица 2

Полевая всхожесть семян рапса ярового, %
Field germination of spring rape seeds, %

Сорт (гибрид)	2020 г.	2021 г.
Юбилейный	69,0	55,0
Смилла	96,5	90,0
Набат	66,0	51,0
Сальса КЛ	98,4	77,0
Миракль	97,0	63,0

Скашивание на зелёную массу в 2020 г. было проведено в различные сроки, по мере наступления фазы цветения: 16 июля – гибриды Смилла, Сальса КЛ и Миракль; 30 июля – сорт Юбилейный и Набат. Скашивание на зе-

лёную массу в 2021 г. было проведено 6 июля. Урожайность зеленой массы в 2020 г. составила от 9,5 до 14,1 т/га, в 2021 г. – от 7,2 до 10,9 т/га (рис. 2).

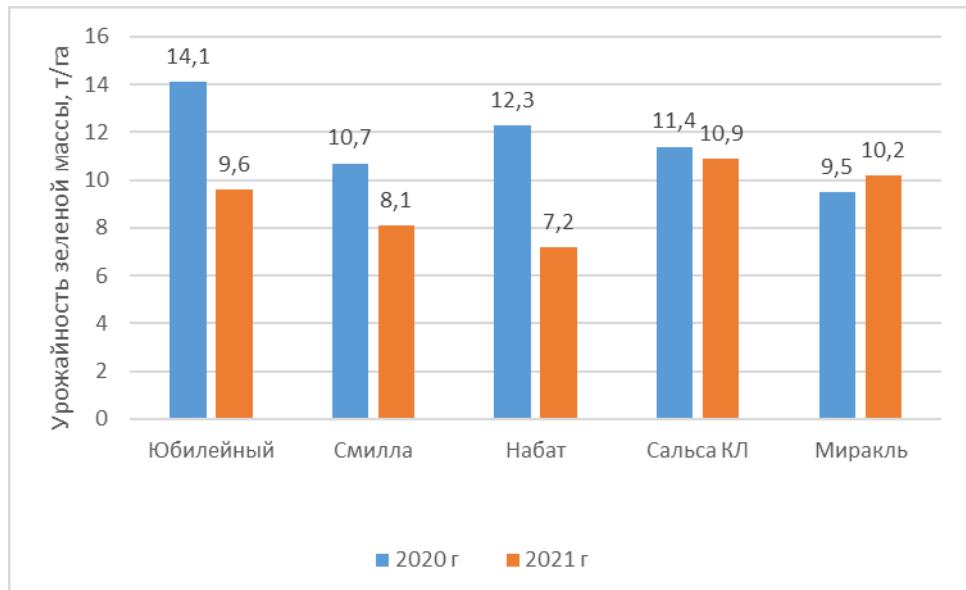


Рис. 2. Урожайность зеленой массы ярового рапса
Fig. 2. Yield of green mass of spring rapeseed

По урожайности зелёной массы в 2020 г. преимущество имели сорта Юбилейный (14,1 т/га) и Набат (12,3 т/га), а в 2021 г. выделились гибриды Сальса КЛ (10,9 т/га) и Миракль (10,2 т/га).

Урожайность сухого вещества в 2020 г. составила от 1,64 до 2,21 т/га, в 2021 г. – от 1,5 до 2,06 т/га (рис. 3).

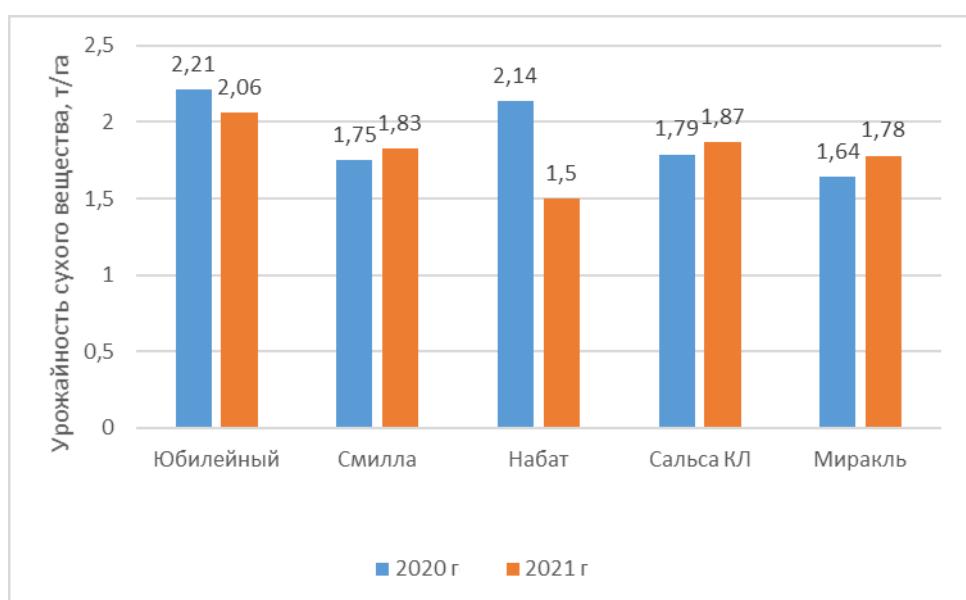


Рис. 3. Урожайность сухого вещества ярового рапса
Fig. 3. Dry matter yield of spring rapeseed

По урожайности сухого вещества в 2020 г. преимущество имели сорта Юбилейный (2,21 т/га) и Набат (2,14 т/га), в 2021 г. – сорт Юбилейный (2,06 т/га).

Питательность зеленой массы сортов и гибридов ярового рапса за 2020–2021 гг. представлена в табл. 3.

Таблица 3
Питательность зелёной массы сортов и гибридов рапса в расчете 1 кг сухого вещества за 2020 г.
The nutritional value of the green mass of varieties and hybrids of rapeseed per 1 kg of dry matter for 2020

Сорт (гибрид)	Содержание, %			Обменная энергия, МДж	Кормовые единицы
	протеина	жира	клетчатки		
<i>2020 г.</i>					
Юбилейный	10,5	2,8	25,7	9,6	0,73
Смилла	13,2	2,7	22,0	10,1	0,82
Набат	10,8	2,4	23,5	9,9	0,78
Сальса КЛ	14,1	3,3	20,7	10,3	0,85
Миракль	14,1	3,1	24,2	9,7	0,76
<i>2021 г.</i>					
Юбилейный	12,8	2,2	20,9	10,3	0,84
Смилла	11,9	2,4	21,2	10,2	0,83
Набат	13,1	2,2	22,6	9,9	0,79
Сальса КЛ	14,4	2,6	23,1	10,0	0,80
Миракль	15,9	2,9	24,0	9,8	0,76

Лучшие показатели по содержанию протеина и жира в 2020 г. выявлены у гибридов Сальса КЛ (14,1 и 3,3%) и Миракль (14,1 и 3,1%). По клетчатке выделился сорт Юбилейный – 25,7%. Количество обменной энергии и кормовых единиц у всех сортов и гибридов рапса ярового примерно на одном уровне – от 9,6 до 10,3 МДж и от 0,73 до 0,85 к.ед. Самое высокое значение отмечено у гибрида Сальса КЛ – 10,3 МДж и 0,85 к.ед.

В 2021 г. лучшие показатели по содержанию протеина и жира выявлены у гибридов Сальса КЛ (14,4 и 2,6%) и Миракль (15,9 и 2,9%), по содержанию клетчатки – у гибрида Миракль (24%). Обменной энергии и кормовых единиц у всех сортов и гибридов рапса ярового примерно одинаковое количество – от 9,8 до 10,3 МДж и от 0,76 до 0,84 к.ед. Самое высокое значение у сорта Юбилейный – 10,3 МДж и 0,84 к.ед.

Таким образом, проведённые исследования позволили установить, что в сложившихся погодных условиях сорта и гибриды ярового рапса отличались по высоте растений, скороспелости, урожайности, содержанию питательных веществ.

ВЫВОДЫ

1. Сложившиеся климатические условия в 2020 и 2021 гг. негативно повлияли на развитие ярового рапса. Из-за низкой теплообеспеченности в 2020 г. и недостаточного увлажнения в 2021 г. задержалось прохождение фаз развития.

2. Урожайность зеленой массы в 2020 г. (ГТК за вегетационный период – 1,6) выше у сорта Юбилейный (14,1 т/га), в 2021 г. (ГТК за вегетационный период – 1,3) – у гибрида Сальса КЛ (10,9 т/га).

3. По содержанию протеина и жира в зеленой массе наилучшие показатели за два года исследований получены у гибридов Сальса КЛ и Миракль. В 2020 г. сбор протеина составил 14,1%, жира – 3,1 и 3,3% в 1 кг сухого вещества. В 2021 г. содержание протеина составило 14,4–15,9%, жира – 2,6 и 2,9% в 1 кг сухого вещества.

4. Исходя из проведённых научных исследований, по показателям продуктивности и питательности гибрид Сальса КЛ зарекомендовал себя в погодно-климатических условиях Вологодской области как наиболее отвечающий производственным требованиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование рапса в кормлении сельскохозяйственных животных / А.С. Шпаков [и др.]. – М., 2004. – 40 с.

2. Егорова Т.А., Ленкова Т.Н. Рапс (*Brassica napus* l.) и перспективы его использования в кормлении птицы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50, № 2. – С. 172–182.
3. Воловик В.Т., Новоселов Ю.К., Прологова Т.В. Рапсосеяние в Нечерноземной зоне и его роль в производстве растительного масла и высокобелковых концентрированных кормов [Электронный ресурс] // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 1 (13). – С. 14–20. – URL: <http://www.adaptagro.ru> (дата обращения: 05.12.2022).
4. Зорикова А. А. Перспективы использования рапса // Вестник Курской ГСХА. – 2010. – № 5, т. 5. – С. 63–64.
5. Федотов В.А., Гончаров С.В., Савенков В.П. Рапс России. – М.: Агролига России, 2008. – 336 с.
6. Study into the polyphenol content and antioxidant activity of rapeseed pomace extracts / F. Pohl, M. Goua, G. Bermano [et al.] // Proceedings of the Nutrition Society. – 2016. – Vol. 75(OCE2). – E59.
7. Effects of rapeseed meal fiber content on phosphorus and calcium digestibility in growing pigs fed diets without or with microbial phytase / M. Bournazel, M. Lessire, M. Duclos [et al.] // Animal. – 2018. – Vol. 12(1). – P. 34–42.
8. Гареев Р.Г. Рапс: состояние, тенденции развития, перспективы. – Казань: Дом печати, 1998. – 170 с.
9. Лопаткина Е.Д., Эсенкулова О.В. Промежуточные культуры как способ увеличения продуктивности пашни // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 8 (100). – С. 10–12.
10. Гольцман С.В., Рендов Н.А., Горбачева Т.В. Экономическая эффективность интенсификации технологии возделывания ярового рапса на маслосемена в южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Красноярского ГАУ. – 2007. – № 6. – С. 27–31.
11. Flixweed (Descurainia sophia) Shade Tolerance and Possibilities for Flixweed Management Using Rapeseed Seeding Rate / C. Landau, B. Schutte, A. Mesbah, S. Angadi // Weed Technology. – 2017. – Vol. 31(3). – P. 477–486.
12. Элементы продуктивности, подбор пар для скрещивания, экологическая пластиность сортов пшеницы яровой в Вологодской области [Электронный ресурс] / О.В. Чухина, А.И. Демидова, Н.С. Демидов, Т.А. Прозорова // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – № 4 (44). – С. 115–127. – URL: molochnoe.ru/gournal (дата обращения: 05.12.2022).
13. Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets / F. Schöne, B. Rudolph, U. Kirchheim, G. Knapp // British Journal of Nutrition. – 1997. – Vol. 78 (6). – P. 947–962.
14. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края [Электронный ресурс] / Е.Н. Олейникова, М.А. Янова, Н.И. Пыжикова, А.А. Рябцев, В.Л. Бопп // Вестник Красноярского ГАУ. – 2019. – № 1. – С. 74–80. – URL: <http://www.kgau.ru/vestnik> (дата обращения: 05.12.2022).
15. Using double logistic equation to describe the growth of winter rapeseed / A. Shabani, A. Sepaskhah, A. Kamgar-Haghghi, T. Honar // The Journal of Agricultural Science. – 2018. – Vol. 156(1). – P. 37–45.
16. Асташина С.И., Асташин А.И. Результаты изучения гибридов рапса ярового по урожайности и масличности семян в условиях Тюменской области // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. – Курган, 2022. – С. 105–109.
17. От земли до молока: практик. пособие / А.В. Маклахов, Г.А. Симонов, Е.А. Тяпугин [и др.]. – Вологда–Молочное: Сев.-Зап. НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства, 2016. – 136 с.
18. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / под ред. Ю.К. Новосёлова [и др.]. – М., 1987. – 198 с.
19. Семенная продуктивность гибридов рапса / В.Л. Бопп, Н.Л. Кураченко, А.Н. Халипский, А.А. Чураков, Д.Н. Ступницкий // Вестник НГАУ. – 2021. – № 4. – С. 6–16.
20. Никонов М.В., Никонова Г.Н. Культура рапса в лесостепи ЦЧР: монография. – Германия: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2012. – 118 с.

REFERENCES

1. Shpakov A.S. [et al.], *Ispol'zovanie rapsa v kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (The use of rapeseed in the feeding of farm animals), Moscow, 2004, 40 p.
2. Egorova T.A., Lenkova T.N., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2015, T. 50, No. 2, pp. 172–182. (In Russ.)
3. Volovik V.T., Novoselov Yu.K., Prologova T.V., *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, 2013, No. 1 (13), pp. 14–20, <http://www.adaptagro.ru> (In Russ.)
4. Zorikova A.A., *Vestnik Kurskoi GSKhA*, 2010, No. 5, T. 5, pp. 63–64. (In Russ.)
5. Fedotov V. A., Goncharov S. V., Savenkov V. P., *Agroliga Rossii* (Agroleague of Russia), 2008, 336 p.
6. Pohl F., Goua M., Bermano G., Russell W., Maciel P., Kong Thoo Lin P., Study into the polyphenol content and antioxidant activity of rapeseed pomace extracts, *Proceedings of the Nutrition Society*, 2016, Vol. 75 (OCE2), E59.
7. Bournazel M., Lessire M., Duclos M., Magnin M., Même N., Peyronnet C., Narcy A., Effects of rapeseed meal fiber content on phosphorus and calcium digestibility in growing pigs fed diets without or with microbial phytase, *Animal*, 2018, Vol. 12 (1), pp. 34–42.
8. Gareev R.G., *Raps: sostojanie, tendencii razvitiya, perspektivy* (Rapeseed: status, development trends, prospects), Kazan': Dom pechati, 1998, 170 p.
9. Lopatkina E. D., Esenkulova O. V., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2012, No. 8 (100), pp. 10–12. (In Russ.)
10. Gol'tsman S.V., Rendov N.A., Gorbacheva T.V., *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*, 2007, No. 6. pp. 27–31. (In Russ.)
11. Landau C., Schutte B., Mesbah A., Angadi S., Flixweed (*Descurainia sophia*) Shade Tolerance and Possibilities for Flixweed Management Using Rapeseed Seeding Rate, *Weed Technology*, 2017, Vol. 31(3), pp. 477–486.
12. Chukhina O.V., Demidova A.I., Demidov N.S., Prozorova T.A., *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2021, No. 4 (44), pp. 115–127: <https://molochnoe.ru/journal/ru>. (In Russ.)
13. Schöne F., Rudolph B., Kirchheim U., Knapp G., Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets, *British Journal of Nutrition*, 1997, Vol. 78 (6), pp. 947–962.
14. Oleinikova E.N., Yanova M.A., Pyzhikova N.I., Ryabtsev A.A., Bopp V.L., *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*, 2019, No. 1, pp. 74–80, <http://www.kgau.ru/vestnik>. (In Russ.)
15. Shabani A., Sepaskhah A., Kamgar-Haghghi A., Honar T., Using double logistic equation to describe the growth of winter rapeseed, *The Journal of Agricultural Science*, 2018, Vol. 156 (1), pp. 37–45.
16. Astashina S.I., Astashin A.I., *Dostizheniya i perspektivy nauchno-innovatsionnogo razvitiya APK*, Kurgan, 2022, pp. 105–109. (In Russ.)
17. Maklakhov A.V., Simonov G.A., Tyapugin E.A. [et al.], *Ot zemli do moloka* (From Earth to Milk), Vologda-Molochnoe, 2016, 136 p.
18. Novoselov Yu.K. [et al.], *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh optyov s kormovymi kul'turami* (Guidelines for conducting field experiments with fodder crops), Moscow, 1987, 198 p.
19. Bopp V.L., Kurachenko N.L., Khalipsky A.N., Churakov A.A., Stupnitsky D.N., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 4, pp. 6–16. (In Russ.)
20. Nikonorov M.V., Nikonorova G.N., *Kul'tura rapsa v lesostepi CChR* (Rapeseed culture in the forest-steppe of the Central Chernozem region), Germaniya: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2012, 118 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-99-106

УДК 631.51:631.417.1

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ НА БАЛАНС УГЛЕРОДА В ПОЧВЕ В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

¹**И.Н. Шарков**, доктор биологических наук

¹**В.А. Андроханов**, доктор биологических наук

²**Л.М. Самохвалова**, старший научный сотрудник

²**П.В. Антипина**, научный сотрудник

¹*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия*

²*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия*

E-mail: humus3@yandex.ru

Ключевые слова: минимизация обработки почвы, эмиссия CO_2 , минерализация органического вещества, растительные остатки, баланс углерода в почве.

Реферат. Цель исследования заключалась в оценке баланса углерода в черноземе выщелоченном при использовании его в многолетнем полевом опыте в двух вариантах: при ежегодной вспашке на глубину 25–27 см и поверхностной обработке на 6–8 см. В опыте выращивали яровую пшеницу по интенсивной технологии в севообороте «чистый пар – пшеница – пшеница». Варианты опыта различались количеством растительных остатков: с половины полей солому удаляли, на другой – заделяли измельченной в почву после уборки урожая. Баланс углерода оценивали на основе учета прихода элемента в почву с растительными остатками (соломой и корнями) и его потерь в виде CO_2 из органического вещества почвы за вегетационный период. Суммарные потери C– CO_2 за период май – сентябрь рассчитывали на основании среднесуточной скорости продуцирования CO_2 , которую определяли на поле чистого пара один раз в неделю абсорбционным методом. Минимизация, переход от вспашки к поверхностной обработке почвы, не оказала существенного влияния на среднегодовую урожайность пшеницы (2,49–2,60 т/га) и количество растительных остатков (1670–1818 кг С/га пашни). Между этими фонами обработки не обнаружено также значительных различий в среднегодовой минерализации органического вещества и балансе углерода в почве. Оба эти показателя существенно зависели только от количества поступавшего в почву растительного вещества (соломы и корней). Наиболее дефицитный баланс углерода в почве (-752 кг С/га пашни) зарегистрирован при отчуждении соломы с поля. При ее оставлении на поле баланс элемента становился значительно более благоприятным (-88 кг С/га пашни), приближаясь к бездефицитному состоянию. Сделан вывод, что при среднегодовой урожайности пшеницы в трехпольном зернопаровом севообороте около 2,5 т/га зерна и заделке в почву всей нетоварной части урожая в черноземе выщелоченном обеспечивался близкий к бездефицитному баланс углерода независимо от приема основной обработки.

EFFECT OF TILLAGE MINIMIZATION ON THE CARBON BALANCE IN THE SOIL IN THE FOREST-STEPPE OF THE NOVOSIBIRSK OB REGION

¹**I.N. Sharkov**, Doctor of Biological Sciences

¹**V.A. Androkhyanov**, Doctor of Biological Sciences

²**L.M. Samokhvalova**, Senior Researcher

²**P.V. Antipina**, Researcher

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

²*Siberian Federal Scientific Centre for Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia*

E-mail: humus3@yandex.ru

Keywords: soil tillage minimization, CO_2 emission, organic matter mineralization, plant residues, soil carbon balance.

Abstract. The study aimed to assess the carbon balance in leached chernozem when used in a long-term field experiment in 2 variants: with annual ploughing to a depth of 25 – 27 cm and surface treatment by 6 – 8 cm. In the experiment, spring wheat was grown using intensive technology in a crop rotation, pure fallow - wheat - wheat. The variants of the experiment differed in the number of plant residues: straw was removed from half of the fields, and on the other half, it was planted and crushed into the soil after harvesting. The authors estimated the carbon

balance based on the element's input into the ground with plant residues (straw and roots) and its losses in the form of CO_2 from the soil's organic matter during the growing season. The total loss of C– CO_2 for the period May – September was calculated based on the average daily rate of production of CO_2 , which was determined in the field of pure fallow once a week by the absorption method. Minimization, the transition from ploughing to surface tillage, did not significantly impact the average annual wheat yield (2.49 – 2.60 t/ha) and the number of plant residues (1670 – 1818 kg C/ha of arable land). Also, between these treatment backgrounds, no significant differences were found in the average annual mineralization of organic matter and the carbon balance in the soil. These indicators depended only on the amount of plant matter (straw and roots) entering the ground. The poor credit of carbon in the land (-752 kg C/ha of arable land) was registered when straw was alienated from the field. When it was left on the field, the balance of the element became much more favourable (-88 kg C/ha of arable land), approaching a deficit-free state. The authors concluded that a carbon balance close to a deficit-free one was ensured, regardless of the primary tillage with an average annual wheat yield in a 3-field grain-fallow crop rotation of about 2.5 t/ha of grain and the incorporation of the entire non-marketable part of the crop into the soil in the leached chernozem.

Минимизация механического воздействия на почву, т. е. уменьшение глубины и/или частоты ее обработки, представляет для земледельцев интерес, прежде всего, с экономической точки зрения: уменьшаются затраты на приобретение и эксплуатацию техники, экономятся горюче-смазочные материалы, повышается производительность труда. С другой стороны, минимизация обработки почвы всегда сопровождается значительным увеличением засоренности посевов и нередко – повышением фона почвенных и листостеблевых инфекций. Хотя это не означает безусловного увеличения применения пестицидов, но к их использованию при минимальных обработках приходится подходить более ответственно, тщательнее контролируя фитосанитарную ситуацию на поле и строже соблюдая оптимальные сроки опрыскивания посевов. Если это удается четко реализовать в агротехнологиях на сибирских черноземах, то минимизация их обработки обычно не приводит к снижению урожайности и, как следствие, поступления в почву растительных остатков. Например, в многолетнем полевом опыте на черноземе выщелоченном в Новосибирском Приобье было показано [1], что среднегодовая урожайность яровой пшеницы при применении комплекса средств химизации (удобрений, гербицидов, фунгицидов) не зависела от приемов основной обработки почвы и в их крайних вариантах составила: при глубокой вспашке – 4,04, без зяблевой обработки – 3,98 т/га зерна. В аналогичном опыте в северной лесостепи Тюменской области [2] урожайность пшеницы в варианте без осенней обработки почвы оказалась даже существенно выше (4,03 т/га), чем на фоне вспашки (3,56 т/га), причем благодаря минимизации прибыль увеличилась почти в 2 раза. Все это свидетельствует о перспективности освоения минимальных систем обработки вплоть до перехода к прямому посеву (технологии No-till), однако на этом пути

для разных почвенно-климатических условий предстоит решить еще немало задач [3, 4].

Одна из них связана с изучением изменений под влиянием минимальных обработок почвенного органического вещества как основного фактора плодородия, оказывающего благотворное влияние на важнейшие для растений свойства почвы. В последние десятилетия актуальность этой задачи возросла в связи с осознанием на межгосударственном уровне глобальных климатических изменений, происходящих под влиянием избыточного поступления в атмосферу одного из парниковых газов – CO_2 . Как известно, почва для атмосферы одновременно является и хранилищем, и источником CO_2 , и весьма заманчиво с помощью агротехнологий научиться усиливать первую из этих функций. Чаще всего надежды возлагаются на освоение минимальных систем обработки почвы. Полагают [5–7], что под влиянием минимизации усиливается консервирующая функция почвы, в результате чего затормаживаются процессы минерализации органического вещества и, соответственно, снижается эмиссия CO_2 в атмосферу. Однако это не всегда находит экспериментальное подтверждение [8–10], т. е. пока не ясно, насколько сильно эта функция почвы может проявляться в тех или иных условиях. Как справедливо отмечается [11], консервация почвенного органического вещества определяется сложными взаимосвязями между почвой и климатом, которые еще недостаточно поняты.

По нашему мнению, основная причина, обуславливающая трудности в интерпретации результатов, получаемых при минимизации обработки почвы, кроется в методике исследования. Дело в том, что об изменении содержания органического вещества и процессов его минерализации под влиянием различных обработок обычно судят после проведения многолетнего (10 лет и более) полевого

опыта. Ясно, что обнаруживаемые между его вариантами различия, например, в содержании почвенного гумуса, обусловливаются совокупностью причин – количеством поступавших в почву растительных остатков, интенсивностью их минерализации и гумификации, эрозионными потерями почвы и др., и трудно установить, какая из них была определяющей. Так, авторы недавнего обзора [4] больше склоняются к мнению, что повышенное содержание органического вещества при прямом посеве, обусловливается уменьшением потерь почвы вследствие эрозии и дефляции благодаря оставлению на поверхности поля стерни и растительных остатков. На наш взгляд, более определенную информацию о направленности изменения запасов органического вещества и скорости процессов его минерализации под влиянием минимизации обработки можно получить на основе прямого определения в почве прихода и расхода углерода в текущий период ее использования.

Этот подход использован нами в настоящей статье с целью оценки влияния минимизации обработки на баланс углерода в черноземе выщелоченном при использовании его по интенсивной технологии в трехпольном зернопаровом севообороте.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование выполнено на базе многолетнего полевого опыта, заложенного в 2003 г. в левобережной части Новосибирского Приобья, в пригороде Новосибирска. Почва опытного участка – старопахотный чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный среднесуглинистый – характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса в слое 0–25 см – 6,3 %, общего азота – 0,30 %, P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 23 и 18 мг/100 г почвы соответственно, рН водный 7,2. Район проведения исследований относится к центральной части лесостепи Приобья. Климат здесь резко-континентальный с продолжительной и холодной зимой, коротким и относительно теплым летом. В сравнении с соответствующей широтой Восточно-Европейской равнины укороченность вегетационного периода в Западной Сибири достигает 20–30 дней при меньшей на 200–300°C сумме биологически активных температур [12]. Среднегодовое количество осадков в районе проведения исследований составляет примерно 400 мм, сумма температур воздуха

выше 10°C – около 1800°C при продолжительности периода 120 дней.

Полевой опыт представлял собой севооборот «пар – пшеница – пшеница», варианты которого различались количеством поступающих в почву растительных остатков. В одной из половине солому пшеницы на протяжении всех ротаций удаляли с полей, в другой – в процессе уборки урожая ее измельчали комбайном и затем заделяли в почву. В каждом варианте было по два фона основной обработки почвы: ежегодная вспашка всех полей плугом на глубину 25–27 см и поверхностная культивация на 6–8 см. Обработки проводили ежегодно в сентябре спустя 1–2 недели после уборки пшеницы. Предпосевную культивацию выполняли в мае на всех полях одинаково – на глубину 6 см. Паровое поле поддерживали в чистом от сорняков состоянии, проводя за вегетационный период 4–5 поверхностных культиваций. Под минимизацией в данном случае понимается переход от вспашки к поверхностной обработке почвы. Яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 выращивали по интенсивной технологии, применяя в паровом поле 45 кг/га P_2O_5 , под первую после пара культуру N_{40} , вторую – N_{80} , а также инсектициды по всходам, гербициды в фазу кущения против злаковых и двудольных сорняков, фунгициды – в фазу колошения.

Баланс углерода в почве определяли за третью ротацию севооборота на основе учета прихода элемента с растительными остатками и его потерь (расхода) в результате процессов минерализации органического вещества, т. е. в виде CO_2 . Приход углерода в почву с нетоварной надземной биомассой определяли спноповым методом в фазу восковой спелости зерна одновременно с отбором образцов для структурного анализа урожайности пшеницы. Массу корней рассчитывали по урожаю основной продукции с помощью уравнений регрессии [13, 14]. Надземную массу пшеницы высушивали при 60 °C до постоянной массы, содержание углерода в сухом веществе принимали равным 40 %.

Потери углерода из почвы в виде CO_2 в процессе минерализации органического вещества определяли на паровых полях с помощью абсорбционного метода [15]. Определения среднесуточной скорости производства CO_2 почвой выполняли 1 раз в неделю и затем рассчитывали суммарные потери углерода парующейся почвой за период май – сентябрь. Поскольку в двух полях севооборота минерализация органического вещества почвы протекала под покровом

растений, результаты по потерям CO_2 для этих полей скорректировали с помощью поправочного коэффициента. Он определен в специальном трехлетнем полевом опыте [16] путем сравнительной оценки минерализации меченых ^{14}C растительных остатков в пару и под покровом растений. Было найдено, что в целом за вегетационный период в почве под растениями процесс минерализации органического вещества протекает примерно на 14 % менее интенсивно, чем в паровом поле. Среднесуточную скорость эмиссии CO_2 парующейся почвой определяли в пятикратной повторности на протяжении трех вегетационных периодов, полученные результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью программы СНЕДЕКОР [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как уже отмечалось, в полевых опытах при своевременном и достаточном приме-

нении средств химизации урожайность зерновых культур при минимизации обработки лесостепных черноземов обычно бывает не ниже, чем на фоне традиционной вспашки [1, 2]. Аналогичная закономерность получена и в нашем опыте, причем удаление соломы с поля также не оказалось существенного влияния на среднегодовую урожайность пшеницы в севообороте. На фоне вспашки при удалении и оставлении соломы она составила соответственно 2,60 и 2,52 т/га, в варианте с поверхностной обработкой – 2,49 и 2,50 т/га зерна. Эти данные позволяют заключить, что образование растительного вещества в посеве пшеницы (надземная часть + корни) на обоих фонах обработки было примерно одинаковым, а различия в фактическом поступлении углерода в почву обусловливались только отчуждением соломы с поля в половине вариантов опыта (табл. 1). В среднем по фонам обработки удаление соломы с поля уменьшило поступление углерода в почву примерно в 2,8 раза.

Таблица 1

Среднегодовое количество надземного и подземного (корней) растительного вещества, поступившее в почву при разных обработках, кг С/га

The average annual amount of aboveground and underground (roots) plant matter that entered the soil during different treatments, kg C/ha

Обработка почвы	В паровом поле	В среднем на полях под пшеницей	На 1 га пашни
<i>Солому удаляли с поля</i>			
Вспашка	0	980	653
Поверхностная	0	907	605
<i>Солому оставляли на поле</i>			
Вспашка	0	2727	1818
Поверхностная	0	2505	1670

Существенных различий в среднегодовых потерях $\text{C}-\text{CO}_2$ из почвы между фонами вспашки и поверхностной обработки не обнаружено (табл. 2). Найденные в опыте различия были обусловлены только количеством поступавших в почву растительных остатков:

под влиянием оставления соломы на поле эмиссия $\text{C}-\text{CO}_2$ увеличилась примерно в 1,3 раза. На полях с растениями пшеницы расчетная минерализация органического вещества почвы уменьшилась на 14 % в сравнении с паровым полем.

Таблица 2

Среднегодовые минерализационные потери органического вещества почвы на фоне вспашки и поверхностной обработки, кг С/га

Average annual mineralization losses of soil organic matter against the background of plowing and surface treatment, kg C/ha

Обработка почвы	В паровом поле	В среднем на полях под пшеницей	На 1 га пашни
1	2	3	4
<i>Солому удаляли с поля</i>			
Вспашка	1521	1308	1379
Поверхностная	1524	1311	1382

Окончание табл. 2

1	2	3	4
$HCP_{0,5}$	119	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$
<i>Солому оставляли на поле</i>			
Вспашка	2093	1800	1898
Поверхностная	1946	1674	1765
$HCP_{0,5}$	151	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

Таким образом, в старопахотном черноземе гетеротрофные потери $C-CO_2$ за вегетационный период определялись количеством поступавших растительных остатков и практически не зависели от степени минимизации механической обработки почвы.

Баланс углерода в почве рассчитан для парового поля, в среднем для двух полей под

растениями и для зернопарового севооборота в целом (табл. 3). Это позволило составить представление о том, насколько значительно сальдо баланса элемента дифференцировано по полям севооборота при получении урожайности пшеницы около 2,5 т/га. Минимизация обработки почвы не внесла

Таблица 3

Среднегодовой баланс углерода в почве при разных обработках в трехпольном зернопаровом севообороте, кг С/га

Average annual balance of carbon in the soil under different treatments in a 3-field grain-fallow crop rotation, kg C/ha

Обработка почвы	В паровом поле	В среднем на полях под пшеницей	На 1 га пашни
<i>Солому удаляли с поля</i>			
Вспашка	-1521	-328	-726
Поверхностная	-1524	-404	-777
<i>Солому оставляли на поле</i>			
Вспашка	-2093	927	-80
Поверхностная	-1946	831	-95

Существенных изменений в баланс углерода по полям севооборота, Значительное влияние оказало лишь количество поступавших в почву растительных остатков. При удалении соломы с поля, в среднем по фонам обработки, сальдо баланса углерода составило (кг С/га): в паровом поле – минус 1523, в почве под растениями – минус 366, на 1 га пашни – минус 752; при оставлении соломы на поле – соответственно минус 2020, 879 и минус 88.

Таким образом, при получении среднегодовой урожайности пшеницы в трехпольном зернопаровом севообороте 2,5 т/га и отчуждении с поля соломы баланс углерода в почве был отрицательным независимо от фона зяблевой обработки. При оставлении соломы на поле баланс углерода в почве становился значительно более благоприятным и в расчете на 1 га пашни, хотя и оставался отрицательным, но был близок к бездефицитному состоянию.

Необходимо подчеркнуть, что отрицательный баланс углерода в старопахотной почве вовсе не означает, что со временем она утратит значительную часть своего органического фонда. Это подтверждается ре-

зультатами многолетних полевых опытов [10, 18, 19], которые показали, что уменьшение или увеличение поступления растительных остатков в старопахотные почвы не приводит к существенным (непрерывным) изменениям содержания в них общего углерода. В пахотном слое эти изменения обычно ограничиваются очень узким диапазоном: от минус 0,1 до 0,1 % С от массы почвы. Стабилизация запасов общего углерода в старопахотных почвах при изменении поступления в них растительных остатков обеспечивается благодаря варьированию содержания в них лабильной (легкоминерализуемой) фракции, к которой обычно относят подвижный гумус, детрит и мортмассу [10]. В сумме эти фракции составляют сравнительно малую долю от общего углерода почвы (в старопахотных черноземах около 15 %), но даже небольшое их изменение резко сказывается на скорости процессов минерализации органического вещества почвы. Каков механизм этой стабилизации? Использование старопахотной почвы при отрицательном балансе углерода приводит к расходованию части лабильной фракции, в результате скорость минерализации остаю-

щегося в почве органического вещества резко снижается, и для его воспроизведения (поддержания) требуется существенно меньше растительных остатков. Напротив, увеличение поступления в почву растительной массы сопровождается повышением содержания в ней легкоминерализуемой фракции, резкой активизацией процессов минерализации и, как следствие, сравнительно быстрым (в течение 4–6 лет) установлением в почве равновесия между приходом и расходом углерода. На этом основании сделан вывод [19], что содержание гумуса в старопахотных почвах можно существенно повысить только за счет специальных мероприятий (перевода почвы в залежь, внесения мелиоративных доз навоза или торфа), а значительно снизить – вследствие эрозионных потерь почвы. Поэтому можно полагать, что в современных условиях в старопахотных почвах запасы гумуса находятся в квазиравновесном состоянии, если отсутствуют его эрозионные потери. Отметим также, что надежды на восстановление утраченных пахотными почвами запасов гумуса с помощью так называемых регенеративных технологий [20], нам представляются слишком оптимистичными. Расчет показал [19], что за счет интенсификации агротехнологий в лесостепных черноземах может быть восполнено не более 10% углерода, утраченного после вовлечения их в пашню и длительного использования в зерновых агроценозах.

ВЫВОДЫ

1. Использование чернозема выщелоченного по интенсивной технологии в трехполь-

ном зернопаровом севообороте при глубокой вспашке и поверхностной обработке обеспечило получение на этих фонах обработки близкой среднегодовой урожайности яровой пшеницы (2,49–2,60 т/га) и образование практически одинакового количества растительных остатков.

2. Минимизация обработки не оказала существенного влияния на масштабы среднегодовой минерализации органического вещества и баланс углерода в почве. Оба эти показателя существенно зависели только от количества поступавшего в почву растительного вещества (соломы и корней).

3. В варианте опыта с удалением соломы с поля зарегистрирован наиболее дефицитный баланс углерода в почве (минус 752 кг С/га пашни), при оставлении соломы на поле этот показатель был почти на порядок меньше (минус 88 кг С/га пашни). Следовательно, при урожайности яровой пшеницы в трехпольном зернопаровом севообороте около 2,5 т/га зерна и заделке в почву всей нетоварной части урожая в черноземе выщелоченном обеспечивался близкий к бездефицитному баланс углерода независимо от фона основной обработки.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Регистрационный номер 122111000005-7 из системы ЕГИСУ НИОКТР) в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 2515-р от 2 сентября 2022 г. в целях реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ» и государственного задания СФНЦА РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синецков В.Е. Химизация – ключевой фактор в формировании продуктивности колосовых культур в лесостепи // АПК России. – 2018. – Т. 25, № 3. – С. 455–460.
2. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Оксукбаева А.М. Основная обработка почвы и формирование азотного режима в системе точного земледелия // Земледелие. – 2022. – № 3. – С. 32–36. – DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-32-36.
3. Кирюшин В.И., Кирюшин С.В. Агротехнологии: учебник. – СПб.: Лань, 2015. – 464 с.
4. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России / А.Л. Иванов, В.В. Кулинцев, В.К. Дридигер [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 4. – С. 8–16. – DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10401.
5. Кирюшин В.И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 3–8. – DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10301
6. The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions / S. Hermle, T. Anken, J. Leifeld [et al.] // Soil and Tillage Research. – 2008. – Vol. 98. – P. 94. – DOI: 10.1016/j.still.2007.10.010.

7. *Emissions of CO₂, N₂O, and NO in conventional and no-till management practices in Rondônia, Brazil* / C.C. Passianoto, T. Ahrens, B.J. Feigl [et al.] // *Biol. Fertil. Soils.* – 2003. – Vol. 38. – P. 200. – DOI: 10.1007/s00374-003-0653-y.
8. Синецов В.Е., Ткаченко Г.И. Содержание нитратного азота в почве и продуктивность зерновых культур при длительной минимизации основной обработки по разным предшественникам // Вестник НГАУ. – 2019. – № 3 (52). – С. 59–66. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-59-66.
9. Глухих М.А. Гумус и плодородие почвы // Через опыт – в науку: материалы регион. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Т.С. Мальцева. – Курган: Зауралье, 1995. – С. 70–73.
10. Шарков И.Н., Самохвалова Л.М., Мишина П.В. Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки в лесостепи Западной Сибири // *Почвоведение*. – 2016. – № 7. – С. 892–899. – DOI: 10.7868/S0032180X16070091.
11. *No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment* / B.D. Soane, B.C. Ball, J. Arvidsson [et al.] // *Soil and Tillage Research*. – 2012. – Vol. 118. – P. 66. – DOI: 10.1016/j.still.2011.10.015.
12. Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири / И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, В.Н. Шоба [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 223 с.
13. Шарков И.Н. Метод оценки потребности в органических удобрениях для создания бездефицитного баланса углерода в почве пара // *Агрохимия*. – 1986. – № 2. – С. 109–118.
14. Левин Ф.И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // *Агрохимия*. – 1977. – № 8. – С. 36–42.
15. Шарков И.Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO₂ из почв // Методы исследований органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 401–407.
16. Шарков И.Н. Изучение минерализации и баланса органического вещества в почвах агроценозов // Методы исследований органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. – С. 359–376.
17. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2008. – 217 с.
18. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // *Почвоведение*. – 2003. – № 3. – С. 308–316.
19. Шарков И.Г., Антипина П.В. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв // *Почвы и окружающая среда*. – 2022. – Т. 5, № 2. – e175. – DOI: 10.31251/pos.v5i2.175.
20. Столбовой В.С. Регенеративное земледелие и смягчение изменений климата // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 7. – С. 19–26. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10703.

REFERENCES

1. Sineshhekov V.E., *APK Rossii*, 2018, T. 25, No. 3, pp. 455–460. (In Russ.)
2. Abramov N.V., Semizorov S.A., Oksukbaeva A.M., *Zemledelie*, 2022, No. 3, pp. 32–36. (In Russ.)
3. Kirjushin V.I., Kirjushin S.V., *Agrotehnologii* (Agrotechnologies), Saint Petersburg: Lan', 2015, 464 p.
4. Ivanov A.L., Kulincev V.V., Dridiger V.K., Belobrov V.P., *Dostizhenija nauki i tekhniki APK*, 2021, T. 35, No. 4, pp. 8–16. (In Russ.)
5. Kirjushin V.I., *Zemledelie*, 2018, No. 3, pp. 3–8. (In Russ.)
6. Hermle S., Anken T., Leifeld J., Weisskopf P., The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions, *Soil and Tillage Research*, 2008, Vol. 98, pp. 94–105, <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.010>.
7. Passianoto C.C., Ahrens T., Feigl B.J., Staudler P.A., do Carmo J.B., Melillo J.M., Emissions of CO₂, N₂O, and NO in conventional and no-till management practices in Rondônia, Brazil, *Biol. Fertil. Soils*, 2003, Vol. 38, pp. 200–208, <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0653-y>.

8. Sineshhekov V.E., Tkachenko G.I., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3 (52), pp. 59–66. (In Russ.)
9. Gluhih M.A., *Cherez opyt – v nauku* (Through experience to science) Proceedings of the regional scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of T.S. Maltsev, Kurgan: Zauralie, 1995, pp. 70–73. (In Russ.)
10. Sharkov I.N., Samohvalova L.M., Mishina P.V., *Pochvovedenie*, 2016, No. 7, pp. 892–899. (In Russ.)
11. Soane B.D., Ball B.C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger-Estrade J., No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment, *Soil and Tillage Research*, 2012, Vol. 118, P. 66–87, <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>.
12. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M., Shoba V.N., Dergacheva M.I., *Genezis, jevoljucija i geografija pochv Zapadnoj Sibiri* (Genesis, evolution and geography of soils in Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1988, 223 p. (In Russ.)
13. Sharkov I.N., *Agrohimija*, 1986, No. 2, pp. 109–118. (In Russ.)
14. Levin F.I., *Agrohimija*, 1977, No. 8, pp. 36–42. (In Russ.)
15. Sharkov I.N., *Metody issledovanij organicheskogo veshhestva pochv* (Methods for studying soil organic matter), Moscow: Rosselhозакадемия, GNU VNIPTIOU, 2005, pp. 401–407. (In Russ.)
16. Sharkov I.N., *Metody issledovanij organicheskogo veshhestva pochv* (Methods for studying soil organic matter), Moscow: Rosselhозакадемия, GNU VNIPTIOU, 2005, pp. 359–376. (In Russ.)
17. Sorokin O.D., *Prikladnaja statistika na kompjutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk, GUP RPO SO RAAS, 2008, 217 p. (In Russ.)
18. Kogut B.M., *Pochvovedenie*, 2003, No. 3, pp. 308–316. (In Russ.)
19. Sharkov I.G., Antipina P.V., *Pochvy i okruzhajushchaja sreda*, 2022, Vol. 5, No. 2, e175. (In Russ.)
20. Stolbovoj V.S., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2020, T. 34, No. 7, pp. 19–26. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-107-113

УДК 636.934.571

РОСТ, ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ РАЗНОГО ГЕНОТИПА И ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ТИПА

З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М.А. Степанова, аспирант

М.А. Некрасова, аспирант

И.Ю. Клемешова, кандидат сельскохозяйственных наук

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Ключевые слова: рост, затраты корма, черный хрусталь, хедлунд, ручные и агрессивные норки.

Реферат. Актуальность настоящей работы заключается в выявлении особенностей доместикации американской норки (*Neovison vison*) в зависимости от поведенческого типа зверей. Установлено, что агрессивные самки и самцы генотипа черный хрусталь превосходили по средней живой массе ручных зверей того же генотипа на 141 и 269 г соответственно. Агрессивные и ручные самки генотипа хедлунд по живой массе не различались (778 и 804 г), тогда как самцы ручного поведения были на 150 г тяжелее. У обоих генотипов количество съеденного корма между ручными и агрессивными норками также различается. Так, на одну усредненную голову у агрессивной линии черного хрустала разница составила 1160 г, тогда как у агрессивной линии хедлунд – 1090 г. Однако нет оснований утверждать, что поедаемость корма существенно различается в зависимости от генотипа. По показателям среднесуточных приростов различий между самками нет. Вне зависимости от принадлежности к генотипу и от характера поведения они варьируют в пределах 7,3–8,6 г. Аналогичная картина наблюдается и по самцам ручных линий: 12,4–13,4 г, тогда как из сравниваемых линий агрессивные самцы черного хрустала имели среднесуточный прирост 18,3 г против 11,0 г у агрессивных самцов хедлунд, за счет чего сократились затраты корма на единицу продукции одной усредненной головы на 7,7 г. Таким образом, наименьшие затраты корма на единицу продукции одной усредненной головы установлены у агрессивной линии черного хрустала – 27,0 г и ручной линии хедлунд – 25,5 г.

GROWTH, VIABILITY AND PRODUCTIVITY OF YOUNG AMERICAN MINK OF DIFFERENT GENETIC AND BEHAVIORAL TYPES

З.Н. Алексеева, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

М.А. Степанова, PhD student

М. А. Некрасова, PhD student

И. Ю. Клемешова, PhD in Agricultural Sciences

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Keywords: Growth, feed costs, black crystal, Hedlund, tame and aggressive minks.

Abstract. The relevance of this work is to identify the features of the domestication of the American mink (*Neovison vison*) depending on the behavioural type of animals. For example, the authors found that aggressive females and males of the black crystal genotype exceeded the average live weight of tame animals of the same genotype by 141 and 269 g, respectively. On the other hand, aggressive and tame females of the Hedlund genotype did not differ in body weight (778 and 804 g), while males of domestic behaviour were 150 g heavier. Furthermore, the amount of food eaten between tame and aggressive minks in both genotypes also differs. Thus, the difference was 1160 g per one averaged head in the bold line of black crystal, while in the aggressive line of Hedlund, it was 1090 g. However, no grounds exist to state that food intake varies significantly depending on the genotype. There are no differences between females in terms of average daily gains. Regardless of belonging to the genotype and the nature of the behaviour, they vary within 7.3–8.6 g. A similar picture is observed for males of tame lines: 12.4–13.4 g, while aggressive black crystal males of the compared lines had an average daily gain of 18.3 g versus 11.0

g for aggressive Hedlund males. In this regard, one average head's feed cost per production unit was reduced by 7.7 g. Thus, the authors found the lowest feed price per unit of production of one medium head for the aggressive line of the black crystal - 27.0 g and the manual line of Hedlund - 25.5 g.

Многолетние исследования Института цитологии и генетики СО РАН, направленные на изучение последствий доместикации хищных зверей, касаются, прежде всего, биохимических и физиологических изменений, происходящих под воздействием изменяющихся условий жизни. В ходе клеточного разведения американской норки (*Neovison vison*) было зарегистрировано 35 мутаций, затрагивающих окраску [1–3].

Установлено, что мутации по окраске меха обладают сильным плейотропным действием: угнетают репродуктивную функцию [4–8], модулируют пространственную упаковку гранул в волосяе [1–3], изменяют активность серотонина и дофамина [9, 10], действуют на активность пищеварительных ферментов [11–13], снижают устойчивость к патогенам [14].

Цель настоящей работы заключалась в оценке зоотехнических показателей: роста, жизнеспособности и продуктивности норок разного поведенческого типа и окраски.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на экспериментальной звероводческой базе ИЦиГ СО РАН. В работе использованы норки генотипов черный хрусталь и хедлунд. На начало эксперимента возраст норчат составлял 2 месяца. Звери были распределены на группы агрессивных и ручных согласно методике «hand catch test» [5]. Генотипы, использованные в эксперименте, показаны на рисунке.

Работа выполнена по схеме, приведенной в табл. 1.



а



б

Генотипы норок, использованные в эксперименте: а – черный хрусталь ($C_R/+$); б – Hedlund white (h/h)
Mink genotypes used in the experiment: a – black crystal ($CR/+$); b – Hedlund white (h/h)

Схема опыта
Experience Scheme

Таблица 1

Генотип	Поведение, пол	Кол-во голов	Характеристика опытных зверей	
			сохранность на начало опыта, %	живая масса на начало опыта, г
1	2	3	4	5
Черный хрусталь ($C_R/+$)	Ручные ♀	24	95,8±3,1	514±16,6
	Ручные ♂	24	98,8±3,2	811±16,2
	Агрессивные ♀	26	96,8±2,8	613±12,7
	Агрессивные ♂	26	96,2±2,9	744±13,8

Окончание табл.1

1	2	3	4	5
Хедлунд (<i>h/h</i>)	Ручные ♀	26	90,4±3,3	497±6,2
	Ручные ♂	26	92,5±3,7	696±6,0
	Агрессивные ♀	28	88,2±3,2	544±12,8
	Агрессивные ♂	28	91,4±3,4	692±13,0

Поскольку в звероводческой практике в раннем онтогенезе принято молодняк держать в клетке парами (самец и самка), то все расчеты по затратам кормов произво-

дят на одну усредненную голову. В основу методики расчета положена обменная энергия [15–17]. Расчет рациона представлен в табл. 2.

Таблица 2

Рацион кормления для молодняка американской норки (возраст 2–3 месяца)
Feeding diet for young American mink (age 2-3 months)

Корма	Количество корма, г	Протеин, г	Жир, г	Обменная энергия, ккал
Мясо конское	3,57	0,7	0,28	5
Печень говяжья	16,22	2,22	0,42	15
Голова говяжья	7,63	1,28	0,8	10
Кости дробленые	7,37	1,27	0,85	10
Уши свиные	9,52	1,48	0,41	10
Минтай	10,62	1,26	0,38	8
Окунь речной	8,98	1,33	0,12	8
Треска мелкая	8,39	1,24	0,22	8
Мука рыбная	1,22	1,23	0,2	3
Горох	13,24	0,9	0,09	8
Отруби пшеничные	15,37	0,58	0,06	7
Картофель вареный	25,87	0,03	0,002	2
Рыбий жир	0,36	-	2,7	3
Дрожжи	1,86	0,99	0,04	3
<i>Итого</i>	130	14,51	6,57	100

Исходя из хозяйственного рациона, 100 ккал содержится в 130 г корма; потребность молодняка в возрасте от 3 до 4 месяцев составляет 330 ккал, поэтому в сутки на каждую голову давали по 2,5 порции корма.

Рост норчат оценивали путем индивидуального взвешивания в начале и по завершении опыта. Расход корма за период выращивания на одну усредненную голову оценивали по разнице количества выданного и съеденного корма. Расчитывая валовую продукцию, а также полученную при выращивании за месяц и зная количество потребленного корма, определяли затраты корма на единицу полу-

чаемой продукции. Жизнеспособность оценивали по числу погибших за данный период щенков. Полученные материалы обработаны с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели, выявленные в процессе наблюдения за ростом и жизнеспособностью молодняка норки разных мутаций и поведенческих типов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели роста и жизнеспособности щенков различных мутаций и поведенческого типа
Indicators of growth and viability of puppies of various mutations and behavioural type

Генотип	Поведение, пол	Живая масса, г		Разность средней живой массы по периодам опыта, г	Сохранность, %
		начало опыта	окончание опыта		
Черный хрусталь ($C_R/+$)	Ручные	♀	514,0±16,6	756,0±17,0	242
		♂	811,0±16,2	1220,0±48,0	409
	Агрессивные	♀	613,0±12,7	897,0±21,0***	283
		♂	744,0±13,8	1348,0±20,8*	604
Хедлунд (h/h)	Ручные	♀	497,0±6,2	804,0±11,0	307
		♂	696,0±6,0	1086,0±24,5**	390
	Агрессивные	♀	544,0±12,8	778,0±16,6	234
		♂	692,0±13,0	936,0±28,0	244

Примечание. Сравнение средней живой массы норчат между ручными и агрессивными в каждом генотипе.

Note. Comparison of the average live weight of the minnows between tame and aggressive in each genotype.

Как агрессивные самки, так и самцы генотипа черный хрусталь превосходили по средней живой массе ручных того же генотипа на 141 и 269 г соответственно. Агрессивные и ручные самки генотипа хедлунд по живой массе не отличались (778 и 804 г), тогда как самцы ручного поведения были на 150 г тяжелее, и это при том, что на период постановки

на опыт средняя живая масса их была ниже, чем агрессивных, на 129 г. Такое отличие в живой массе от генотипа черный хрусталь может объясняться свойствами самого цветового генотипа Hedlund white. Сохранность щенков во всех группах составляла 100 %.

Степень связи генотипа и поведения с поедаемостью корма отражена в табл. 4.

Таблица 4

Поедаемость корма щенками норки разного генотипа и поведения
Feed intake by mink puppies of different genotypes and behaviour

Генотип	Поведение	Количество съеденного корма на 1 усредненную голову, г/сут по периодам			
		10 дней	11–20 дней	21–30 дней	всего, г
Черный хрусталь ($C_R/+$)	Ручные	282±9,3	321±13,0	373±15,5	9760±378
	Агрессивные	288±11,2	332±14,6	388±16,7	10920±425*
Хедлунд (h/h)	Ручные	285±12,1	275±10,5	343±13,1	8810±357
	Агрессивные	277±10,8	332±12,3	386±16,1	9900±392*

В обоих генотипах количество съеденного корма между ручными и агрессивными типами различается. Так, на одну усредненную голову у агрессивной линии генотипа черный хрусталь разница составила 1160 г, тогда как у агрессивной линии хедлунд – 1090 г. При этом нет оснований утверждать, что поедаемость корма существенно различается у разных генотипов.

Наиболее объективными показателями зоотехнической оценки растущего молодняка норки являются среднесуточный и валовой приросты и затраты корма на единицу продукции одной усредненной головы (табл. 5).

Таблица 5

Продуктивность молодняка американской норки разного генотипа и поведения
Productivity of young American mink of different genotypes and behaviour

Генотип	Поведение, пол	Прирост живой массы, г		Затраты корма на единицу продукции 1 усреднённой головы, г
		среднесуточный	валовой за период выращивания	
Черный хрусталь (C_r^+)	Ручные	♀ 7,3±0,3	5782±234	33,0±1,6
		♂ 12,4±0,5	9821±390	
	Агрессивные	♀ 8,6±0,4	7379±312	27,0±1,3**
		♂ 18,3±0,6**	15701±468	
Хедлунд (h/h)	Ручные	♀ 8,6±0,4	7379±336	25,5±1,3
		♂ 13,4±0,6	11497±504	
	Агрессивные	♀ 8,0±0,3	7392±252	34,7±1,7
		♂ 11,0±0,5	10164±420	

По показателям среднесуточных приростов различий между самками нет. Вне зависимости от принадлежности к генотипу и от характера поведения они варьируют в пределах 7,3–8,6 г. Аналогичная картина и по самцам ручных линий: 12,4–13,4 г, тогда как из сравниваемых линий агрессивные самцы черного хрустала имели среднесуточный прирост 18,3 г против 11,0 г у агрессивных самцов хедлунд, за счет чего сократились затраты корма на единицу продукции одной усредненной головы на 7,7 г.

ВЫВОДЫ

1. Генотип управляет показателями роста. Так, черный хрусталь превалирует по показа-

телям средней живой массы самцов, как ручной, так и агрессивной линий над самцами хедлунд. Максимальное преимущество – 1348 г у агрессивного самца генотипа черный хрусталь против 936 г у агрессивного самца хедлунд.

2. Ручные самки обоих генотипов имеют сравнимые показатели средней живой массы: 756 и 804 г, а агрессивные самки черного хрустала на 119 г больше.

3. Максимальное количество корма на одну усредненную голову за весь период потребили в группе агрессивного типа черного хрустала – 10920 г.

4. Наименьшие затраты корма на единицу продукции одной усредненной головы отмечены у агрессивной линии черного хрустала – 27,0 г и ручной линии хедлунд – 25,5 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трапезов О.В., Трапезова Л.И. Воспроизвоящаяся коллекция окрасочных генотипов американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) на экспериментальной звероферме Института цитологии и генетики со РАН // Информационный вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 554–570.
2. Модулирующее действие мутаций генов, затрагивающих окраску волосяного покрова, на генерацию и нейтрализацию активных форм кислорода. Американская норка (*Neovison vison*) как модель / С.Н. Сергина, В.А. Илюха, И.В. Башникова, Т.Н. Ильина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 296–302.
3. Прасолова Л.А., Трапезов О.В. Влияние генов, контролирующих окраску меха, на морфологию пигментации волоса у американской норки (*Mustela vison* Schr. L.) // Генетика. – 2007. – Т. 43, № 7. – С. 982–986.
4. Трапезов О.В., Луценко Н.Д., Трапезова Л.И. Гетерозиготность по мутациям, затрагивающим окраску американской норки (*Neovison vison*), повышает структурную устойчивость коры надпочечников к стрессу // Генетика. – 2016. – Т. 52, № 4. – С. 488.
5. Трапезов О.В., Трапезова Л.И., Сергеев Е.Г. Влияние мутаций, затрагивающих окраску меха, на поведенческий полиморфизм в промышленных популяциях американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) и соболя (*Martes zibellina* Linnaeus, 1758) // Генетика. – 2008. – Т. 44, № 4. – С. 516–523.

6. Влияние моно- и дирацессивности по мутациям, затрагивающим окраску меха, на уровень содержания моноаминов в мозге у американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) / О.В. Трапезов, Л.И. Трапезова, Т.А. Алехина [и др.] // Генетика. – 2009. – Т. 45, № 12. – С. 1641–1645.
7. Effect of photoperiod modulation in American mink males on their testosterone concentrations and mating performance / B. Lasota, L. Felska-Błaszczyk, A. Masłowska [и др.] // Journal of Central European Agriculture. – 2019. – Vol. 20, N 1. – P. 119–129.
8. Kharlamova A.V., Trapezov O.V. Pleiotropic Effect of Black crystal Mutation on Reproductive Parameters in American Mink *Mustela vison* // Russian Journal of Genetics. – 1999. – Vol. 35, N 6. – P. 647–652.
9. Трапезов О.В., Трапезова Л.И. О помехоустойчивости генотипов. Американская норка (*Neovison vison*) как модель // Кролиководство и звероводство. – 2017. – № 3. – С. 100–103.
10. Ответ репродуктивной функции американских норок разных генотипов на воздействие биологически активного препарата «Биостил» / О.В. Трапезов, Е.И. Земляницкая, О.В. Распутина [и др.] // Генетика. – 2016. – Т. 52, № 1. – С. 126.
11. Влияние мутаций, затрагивающих окраску волосяного покрова, на показатели антиоксидантной и пищеварительной систем у лисиц / И.В. Баишникова, Т.Н. Ильина, В.А. Илюха [и др.] // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2016. – № 6. – С. 26–38.
12. Влияние генотипа на сезонные изменения антиоксидантной системы и изоферментного спектра лактатдегидрогеназы американских норок (*Mustela vison* Schreber, 1777) / Т.Н. Ильина, В.А. Илюха, С.Н. Калинина [и др.] // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 145–154.
13. Активность пищеварительных ферментов у американских норок (*Neovison vison*) при отборе на агрессивное и ручное поведение / С.Н. Калинина, В.А. Илюха, О.В. Трапезов [и др.] // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2022. – Т. 58, № 1. – С. 61–68.
14. Федорова О.И., Орлова Е.А., Антонова И.Д. Изменчивость размера тела норок новых пород – ампалосапфир и альбинопастель и их укрупнение в процессе селекции // Кролиководство и звероводство. – 2021. – № 4. – С. 6–13.
15. Балакирев Н.А. Кормление клеточных пушных зверей как фактор доместикации // Кролиководство и звероводство. – 2019. – № 3. – С. 4–7.
16. Алексеева З.Н. Особенности кормления хищных пушных зверей: методические рекомендации по проведению лабораторно-практических занятий. – Новосибирск: НГАУ, 2007. – 15 с.
17. Protein value and health aspects of the seaweeds *Saccharina latissima* and *Palmaria palmata* evaluated with mink as model for monogastric animals / Å. Krogdahl, A. Jaramillo-Torres, Ø. Ahlstrøm [et al.] // Animal Feed Science and Technology. – 2021. – Vol. 276. – P. 114902.

REFERENCES

1. Trapezov O.V., Trapezova L.I., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2009, Vol. 13, No. 3, pp. 554–570. (In Russ.)
2. Sergina S.N., Ilyukha V.A., Baishnikova I.V., Il'ina T.N., *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2015, Vol. 19, No. 3, pp. 296–302. (In Russ.)
3. Prasolova L.A., Trapezov O.V., *Genetika*, 2007, Vol. 43, No. 7, pp. 982–986. (In Russ.)
4. Trapezov O.V., Lutsenko N.D., Trapezova L.I., *Genetika*, 2016, Vol. 52, No. 4, pp. 488. (In Russ.)
5. Trapezov O.V., Trapezova L.I., Sergeev E.G., *Genetika*, 2008, Vol. 44, No. 4, pp. 516–523. (In Russ.)
6. Trapezov O.V., Trapezova L.I., Alekhina T.A., Klochkov D.V., Ivanov Yu.N., *Genetika*, 2009, Vol. 45, No. 12, pp. 1641–1645. (In Russ.)
7. Lasota B., Felska-Błaszczyk L., Masłowska A., Seremak B., Stankiewicz T., Effect of photoperiod modulation in American mink males on their testosterone concentrations and mating performance, *Journal of Central European Agriculture*, 2019, Vol. 20, No. 1, pp. 119–129.

8. Kharlamova A.V., Trapezov O.V., Pleiotropic Effect of Black crystal Mutation on Reproductive Parameters in American Mink *Mustela vison*, *Russian Journal of Genetics*, 1999, Vol. 35, No. 6, pp. 647–652.
9. Trapezov O. V., Trapezova L. I., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2017, No. 3, pp. 100-103. (In Russ.)
10. Trapezov O.V., Zemlyanitskaya E.I., Rasputina O.V., Naumkin I.V., Trapezova L.I., *Genetika*, 2016, Vol. 52, No. 1, pp. 126. (In Russ.)
11. Baishnikova I.V., Il'ina T.N., Ilyukha V.A., Antonova E.P., Morozov A.V., *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2016, No. 6, pp. 26–38. (In Russ.)
12. Il'ina T.N., Ilyukha V.A., Kalinina S.N., Gorlyakova N.A., Belicheva L.A., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2007, Vol. 11, No. 1, pp. 145–154. (In Russ.)
13. Kalinina S.N., Ilyukha V.A., Trapezov O.V., Morozov A.V., Trapezova L.I., Nekrasova M.A., Stepanova M.A., Sysoeva E.A., *Zhurnal evolyutsionnoi biokhimii i fiziolii*, 2022, Vol. 58, No. 1, pp. 61–68. (In Russ.)
14. Fedorova O.I., Orlova E.A., Antonova I.D., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2021, No. 4, pp. 6–13. (In Russ.)
15. Balakirev N.A., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 2019, No. 3, pp. 4–7. (In Russ.)
16. Alekseeva Z.N., *Osobennosti kormleniya khishchnykh pushnykh zverei* (Features of feeding predatory fur animals), Novosibirsk: NGAU, 2007, 15 p. (In Russ.)
17. Krogdahl Å., Jaramillo-Torres A., Ahlstrøm Ø., Chikwati E., Aasen I.M., Kortner T.M., Protein value and health aspects of the seaweeds *Saccharina latissima* and *Palmaria palmata* evaluated with mink as model for monogastric animals, *Animal Feed Science and Technology*, 2021, Vol. 276, pp. 114902.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-114-122

УДК 619:611:636.4.064.6(571.1)

АБСОЛЮТНАЯ МАССА ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС, ВЫРАЩЕННЫХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.А. Зайко, кандидат биологических наук

И.К. Бирюля, соискатель

Т.В. Коновалова, старший преподаватель

Е.Е. Глущенко, кандидат ветеринарных наук

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

А.И. Желтиков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Ключевые слова: свиньи, ландрас, печень, почки, селезенка, абсолютная масса.

Реферат. Развитие внутренних органов обусловливается рядом факторов и характеризует интенсивность роста животных, их телосложение, конституционную крепость, устойчивость к заболеваниям разного генеза и в целом адаптационную способность животных. Проведена оценка абсолютной массы таких паренхиматозных органов брюшной полости, как печень, почки, селезенка свиней ландрасской породы. На ранних этапах технологического цикла была сформирована группа из представительных подобранных свиней с учетом их происхождения, пола, возраста, живой массы. Общее количество животных составило 12. Откорм животных проходил в крупном свиноводческом хозяйстве Алтайского края. Условия содержания животных соответствовали стандартным с типовым для мясного откорма кормлением. Животные были вакцинированы в соответствии с профилактическим планом, обеспечивался систематический ветеринарный контроль. В конце технологического цикла при достижении живой массы 100 кг проводился убой на основании действующей технологической инструкции и некоторых других нормативных документов. Определение абсолютной массы органов без окружающих структур устанавливали взвешиванием на весах с высоким классом точности. Полученные данные оценивали с использованием Microsoft Office Excel и языка программирования R в среде анализа данных RStudio версии 2022.07.2+576 (RStudio, PBC). Визуальная оценка показала отсутствие патолого-анатомических изменений органов. Во всех случаях на основании теста Шапиро-Уилка установлено нормальное распределение. Для печени W-критерий равен 0,93, почек – 0,90 и селезенки – 0,98, уровень значимости больше 0,05. У свиней медиана абсолютной массы печени составила 1542,0 г, почек – 303,0, селезенки – 164,0 г; 95%-й доверительный интервал для почек равен 133,0–195,0 г, для селезенки – 120,0–197,0, для печени – 1310,0–1792,0 г. В статье приведены показатели изменчивости рассматриваемого признака. Установлена межпородная дифференциация свиней по массе паренхиматозных органов.

THE ABSOLUTE MASS OF THE INTERNAL ORGANS OF THE LANDRAS PIGS GROWN IN WESTERN SIBERIA

O.A. Zaiko, PhD in Biological Sciences

I.K. Biryulya, Applicant of Biological sciences

T.V. Konovalova, Senior Lecturer

E.E. Gluschenko, PhD in Veterinary Sciences

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.I. Zheltikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: pigs, landrace, liver, kidneys, spleen, absolute weight.

Abstract. Several factors determine the development of internal organs. They characterise the intensity of animals' growth, physique, constitutional strength, resistance to diseases of various genesis and, in general, the adaptive ability of animals. The authors assessed the absolute mass of such parenchymal abdominal organs as the liver, kidneys, and spleen of Landrace pigs. A group of representatively selected pigs, taking into account their origin, sex, age, and live weight, was formed at the early stages of the technological cycle. The total number of animal units was 12. The fattening of the animals took place on a large pig farm in the Altai Territory. The conditions

of keeping the animals corresponded to the regular feeding for meat fattening. In addition, a preventive plan for vaccinated animals and systematic veterinary control was provided. Based on the current technical instructions and other regulatory documents, Slaughter was carried out at the end of the technological cycle when the live weight reached 100 kg. The absolute mass of organs without surrounding structures was determined by weighing on a balance with a high accuracy class. The obtained data were evaluated using Microsoft Office Excel and the R programming language in the data analysis environment RStudio version 2022.07.2+576 (RStudio, PBC). The visual assessment showed the absence of pathological and anatomical changes in organs. Based on the Shapiro-Wilk test, a normal distribution was established in all cases. For the liver, the W-criterion is 0.93, the kidneys - 0.90 and the spleen - 0.98; the significance level is more significant than 0.05. In pigs, the median absolute weight of the liver was 1542.0 g; for the kidneys - 303.0, and the spleen - 164.0 g; The 95% confidence interval for kidneys is 133.0–195.0 g; for the spleen - 120.0–197.0; for the liver - 1310.0–1792.0 g. The article presents the indicators of the variability of the trait under consideration. The authors established interbreed differentiation of pigs by the mass of parenchymal organs.

Продуктивность сельскохозяйственных животных зависит от многих экзогенных и эндогенных факторов, включая интенсивность метаболических процессов в организме. Подробное изучение интерьерных, молекулярно-генетических, биохимических, физиологических, физико-химических и других показателей свиней различных пород предоставит новые данные об индивидуальных и групповых характеристиках в отношении продуктивности, развития органов и систем на различных этапах онтогенеза [1–3]. Это может использоваться в зоотехнии и ветеринарии для характеристики роста и развития животных, в ветеринарной клинической диагностике, разработке терапевтических и профилактических мероприятий [4].

Различные морфологические изменения происходят в течение жизни сельскохозяйственных животных, многие лежат в основе уровня продуктивности, являются следствием естественного процесса роста и развития [5, 6]. Не всегда можно найти индивидуализированные морфометрические показатели с видовыми, породными и возрастными критериями, тогда как детализация в этой области определяется важностью данного вида сельскохозяйственных животных для развития свиноводства как отрасли, обеспечивающей продовольственную безопасность нашей страны [7].

Для обеспечения адекватного контроля над процессами, происходящими в процессе роста и развития продуктивных животных, с целью получения максимальной выгоды без ущерба для здоровья животных и качества продукции важным остается изучение индивидуальных характеристик, в том числе касающихся различных морфометрических качеств внутренних органов. Кроме того, это может дополнить научно обоснованные и эффективные подходы к повышению продуктивных свойств животных в сельском хозяйстве.

Печень, почки и селезенка являются паренхиматозными органами брюшной полости, состоящими из стромы и паренхимы, выполняющими множество функций [8]. Данные о свойствах и тенденциях развития этих органов на разных этапах онтогенеза являются актуальными. В научной литературе присутствуют работы, затрагивающие различные морфометрические и морфологические характеристики свиней с учетом различных этапов развития и экзогенного воздействия на организм животных [5, 9–14].

Цель данного исследования заключалась в изучении такой макроморфометрической характеристики, как абсолютная масса паренхиматозных органов брюшной полости: печени, почек и селезенки свиней породы ландрас, выращенных в Западной Сибири, в конце производственного цикла.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось на клинически здоровых свиньях породы ландрас, выращенных на промышленной основе в крупном свиноводческом комплексе, расположенном в Алтайском крае. Репрезентативно было отобрано 12 животных с учетом их происхождения, пола, возраста и живой массы.

За период откорма свиней вакцинировали на основании соответствующего плана, обеспечивали ветеринарный надзор. Содержание было типовым для мясного типа откорма и соответствовало ГОСТ 28839-2017. На различных этапах откорма кормление осуществлялось стандартными сбалансированными полнорационными комбикормами, соответствующими по номенклатуре гарантированных и дополнительных показателей ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ Р 51850-2001, рекомендациям ВИЖ [15, 16]. В поении употреблялась вода

второго класса из локального хозяйствственно-питьевого источника водоснабжения. В зоне разведения свиней проводится мониторинг содержания тяжелых металлов в почве, воде, кормовых растениях, органах и тканях животных. Превышение допустимых уровней не регистрировалось [17–21].

Убой свиней с целью забора материала проводили при достижении живой массы 100 кг, руководствуясь ГОСТ 31476-2012, действующей технологической инструкцией к данному документу и ТР ТС 034/2013.

Из макроморфометрических показателей определяли абсолютную массу паренхиматозных органов сразу после извлечения на весах с высоким классом точности. Печень взвешивали без связок и желчного пузыря, почки – без жировой капсулы и структур, входящих и выходящих из ворот органа. Данные в работе приведены для двух почек.

Полученные данные обрабатывались с помощью ПО Microsoft Office Excel и среды анализа данных RStudio версии 2022.07.2+576 (RStudio, РВС), язык программирования R. Оценивались следующие показатели: среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, медиана, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации, первый и третий квартили, интерквартильный размах, 95%-й доверительный интервал по 2,5 и 97,5 процентилям, максимальное и минимальное значение абсолютной массы органов, отношение крайних варианта как результат деления максимального значения на минимальное.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Печень является крупнейшей многофункциональной пищеварительной железой. У свиней она относительно большая, округлая и утолщенная, разделена глубокими вырезками на шесть долей. Печень свиней имеет достаточно сходные характеристики с этим органом у человека [8, 22].

Как и у человека, у свиней почки гладкие, многососочные, бобовидной формы, относительно длинные, уплощенные дорсогоризонтально. Основная функция почек заключается в поддержании гомеостаза за счет выделения конечных продуктов обмена, на этих органах дополнительно лежит масса задач, связанных с обеспечением жизнедеятельности организма животных [8].

Селезенка свиньи тоже похожа на селезенку человека [23]. Она является важным органом, участвующим в рециркуляции лимфоцитов и иммунной защите от системных бактериальных инфекций, важная группа функций связана также с эритроцитами в красной пульпе [24]. Макроскопически у свиньи это вытянутый длинный орган, имеющий суженные концы [8].

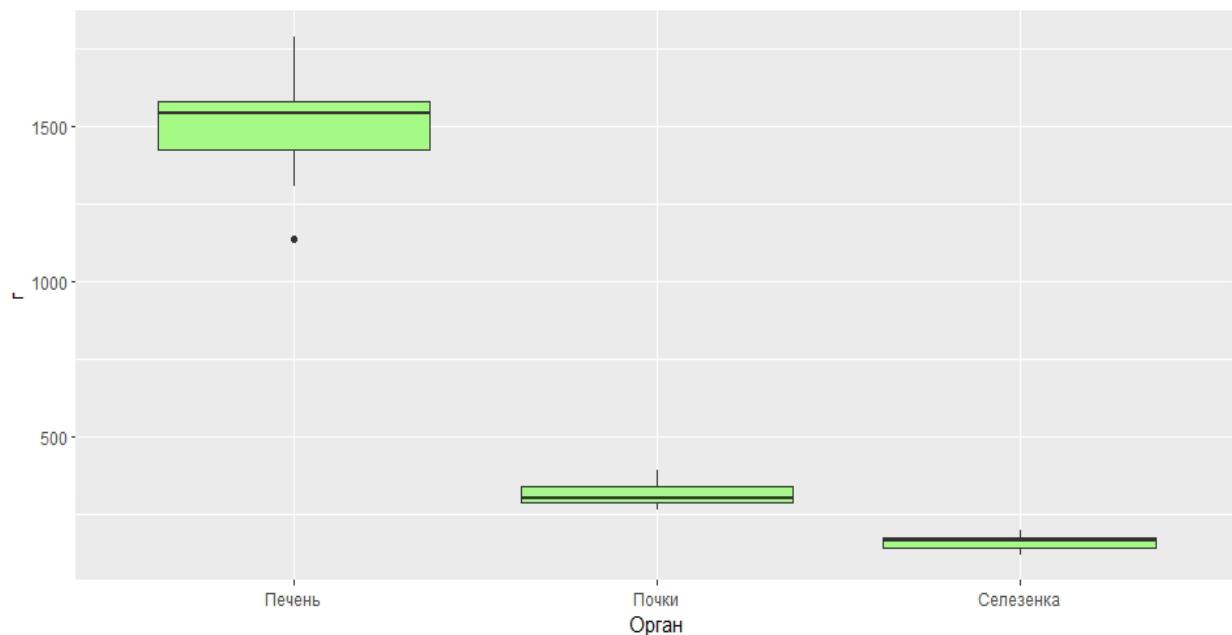
Визуальная оценка показала, что печень исследованных свиней представляла собой относительно крупный орган светло-красного цвета с зернистой поверхностью, разделенный на доли и расположенный преимущественно в правом подреберье, частично заходя в левое, достигая вентрально области мечевидного хряща. Почки свиней были бобовидной формы, располагались в хорошо развитой жировой ткани под вентральными мышцами поясницы справа и слева от тел поясничных позвонков. Селезенка имела ярко-красный цвет, плотную консистенцию, располагалась в левом подреберье. Патолого-анатомические изменения у животных, участвующих в макроморфометрической оценке, отсутствовали.

В табл. 1 представлены данные, отражающие абсолютную массу некоторых паренхиматозных органов брюшной полости свиней ландрасской породы в конце технологического цикла. Во всех трех случаях в тесте Шапиро-Уилка установлено, что распределение соответствовало нормальному. Так, в случае с печенью W-критерий равен 0,93, почками – 0,90 и селезенкой – 0,98, во всех случаях уровень значимости был больше 0,05.

Таблица 1

Абсолютная масса паренхиматозных органов брюшной полости свиней породы ландрас, г
Absolute weight of parenchymal abdominal organs of Landrace pigs, g

Органы	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Ме	lim	Отношение крайних варианта
Печень	1500,9 ± 49,0	1542,0	1138,0–1792,0	1 : 1,6
Почка	318,5 ± 6,2	303,0	266,0–390,0	1 : 1,5
Селезенка	159,0 ± 6,6	164,0	120,0–197,0	1 : 1,6



Размах изменчивости абсолютной массы паренхиматозных органов
The range of variability of the absolute mass of parenchymal organs

Размах изменчивости абсолютной массы печени, почек и селезенки демонстрирует рисунок. В случае с печенью регистрируется наличие одного предельного значения.

В табл. 2 представлены критерии, характеризующие изменчивость абсолютной массы внутренних органов свиней. Уровень индивидуальной изменчивости массы органов был практически одинаков.

Таблица 2

Показатели изменчивости массы органов свиней породы ландрас
Variability parameters in the weight of Landraces' organs

Органы	σ	Cv	Q1	Q3	IQR
Печень	169,7	11,3	1399,0	1587,5	188,5
Почки	43,2	13,6	290,0	349,0	59,0
Селезенка	22,8	14,3	142,5	175,0	32,5

Рассчитанный для почек 95%-й доверительный интервал составил 266,0–390,0 г, для селезенки – 120,0–197,0 г, соответствуя максимальному и минимальному значению. Такой же интервал для печени рассчитывался без выброса и был равен 1310,0–1792,0 г.

Существует значимый объем материала по особенностям роста, развития, формированию органов, их строению у свиней. Исследование возрастных характеристик у животных разных пород является научно значимым и имеет практический интерес. Необходимы всесторонние и комплексные

оценки с учетом различных особенностей для расширения фундаментальных знаний.

Относительная масса печени свиней составляет около 2,5% от массы тела животного [25]. Есть информация, что этот показатель равен 1,5–2,5%, а абсолютная характеристика – до 1,5–2,5 кг [26]. Относительная масса селезенки у данного вида животных – 0,1–0,3% к массе тела [8, 27].

В табл. 3 представлены данные литературы по рассматриваемому вопросу, полученные на различных породных группах свиней в конце похожего технологического процесса откорма.

Таблица 3

Абсолютная масса некоторых паренхиматозных органов свиней разных пород, г
The absolute mass of some parenchymal organs of pigs of different breeds, g

Печень	Почки	Селезенка	Порода	Источник
1750,8	306,3	117,5	Крупная белая	
1756,0	320,6	118,9	Кемеровская	И.И. Гудилин и др., 2003
1917,3	395,1	209,2	Ландрас	
1951,9	402,2	212,9	Йоркшир	Ю.П. Загороднев, А.В. Зюканов, 2022
1515	324	184	Ландрас	
1490	348	162	Йоркшир	Л.А. Федоренкова и др., 2015
1790	348	166	Скороспелая мясная краснодарского типа	
1834	354	167	Скороспелая мясная краснодарского типа х ландрас (французской селекции)	В.А. Погодаев, А.Д. Пешков, 2011
1860	359	169	Скороспелая мясная краснодарского типа х ландрас (канадской селекции)	
1385,5	343,8	198,5	Ландрас	
1413,7	352,5	207,5	Ландрас х йоркшир	
1468,5	349,6	224,2	Ландрас х йоркшир х дюрок	А.В. Ильяков и др., 2021

Печень свиней является субпродуктом I категории, использующимся в пищу человеком. Существуют методы прижизненной оценки содержания тяжелых металлов в органах и тканях животных, что важно для возможной корректировки рационов и получения экологически безопасных продуктов питания [28–31]. Относительно макроморфометрии этого органа нами установлено, что многие средние характеристики попадают в рассчитанный 95%-й доверительный интервал, включая те, которые авторы характеризовали как отличающиеся для различных по генотипу групп [32–35]. Некоторые были выше установленного нами 97,5%-го процентиля, в том числе для одной и той же ландрасской породы [6]. Однако сравнение полученных нами средних тенденций с мясосальных породами крупная белая и кемеровская, выращенными в Западной Сибири, показывает, что последние превосходят ландрасскую породу по абсолютной массе печени на 249,9 и 255,1 г соответственно. Обратная тенденция характерна для селезенки, масса которой выше у ландрасов на 41,5 и 40,1 г [32]. Указанные породы свиней относятся к разным типам продуктивности и имеют несколько различающиеся характеристики в отношении конституции и телосложения, а соответственно могут отличаться по развитию внутренних органов, интенсивности роста, устойчивости к заболеваниям.

При сравнении данных с первыми выведенными в Сибири сибирской породой и сибирской черно-пестрой породной группой [36], по исследованиям П.И. Терницкого, в случае с печенью значения значительно отли-

чались от полученных нами. Масса органа у подсвинков сибирской северной породы была 2216 г, у сибирской черно-пестрой – 2221 г, но откорм животных осуществлялся до 130 кг. При этом масса остальных органов сопоставима с нашими данными. Селезенка в среднем весила 142 и 157 г, почки – 345 и 306 г соответственно [37].

Наши данные свидетельствуют о достаточной макроморфологической сформированности печени, почек и селезенки у свиней ландрасской породы в конце технологического цикла, позволяют установить ориентировочный норматив абсолютной массы органов животных в условиях крупного свинокомплекса в Западной Сибири, отражают в целом адаптационную способность животных. Необходимо продолжить изучения на больших выборках, стандартизировав исследования.

ВЫВОДЫ

1. У свиней ландрасской породы в конце стандартного технологического цикла медиана абсолютной массы печени составляет 1542,0 г, почек – 303,0, селезенки – 164,0 г.

2. Для печени 95%-й доверительный интервал был равен 1310,0–1792,0 г, для почек – 133,0–195,0, для селезенки – 120,0–197,0 г.

3. Выявлена тенденция влияния породы на массу некоторых паренхиматозных органов, связанная с конституционными особенностями, отражающими устойчивость животных к заболеваниям и адаптационные возможности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зайко О.А.* Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 183 с.
2. *Стрижкова М.В.* Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота черно-пестрой породы: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2018. – 126 с.
3. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
4. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Сиб. предпр. «Наука» РАН, 1997. – 283 с.
5. *Анисимова К.А.* Сравнительная морфология печени и поджелудочной железы свиней мясных пород на ранних этапах постнатального онтогенеза: дис. ... канд. вет. наук. – СПб., 2020. – 121 с.
6. *Оценка показателей мясной продуктивности свиней разных пород после убоя* / Ю.П. Загороднев, А.В. Зюканов // Наука и образование. – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 99.
7. *Смирнов В.М., Смирнова Н.В.* Анализ развития сельского хозяйства в России в контексте реализации государственной программы // Актуальные вопросы современной экономики. – 2020. – № 10. – С. 355–362.
8. *Зеленевский Н.В., Зеленевский К.Н.* Анатомия животных: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2022. – 450 с.
9. *Федотов Д.Н.* Закономерности постнатального гистоорганогенеза и морфометрических изменений надпочечников у свиней // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины». – 2011. – Т. 47, № 1. – С. 305–308.
10. *Шевченко Б.П., Озерной Е.В.* Морфологические особенности селезёнки свиней породы ландрас в плодном и раннем постнатальном периодах развития // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 2 (46). – С. 185–189.
11. *Изменение индексов макроморфометрии бедренной кости свиньи под воздействием минеральных добавок* / Т.М. Шленкина, Н.А. Любин, В.В. Ахметова, Л.П. Пульчевская // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 240, № 4. – С. 214–219.
12. *Динамика морфометрических показателей паренхимы молочной железы овец и свиней в постнатальном онтогенезе* / В.С. Скрипкин, А.Н. Квочко, О.В. Дилекова [и др.] // Ветеринарная патология. – 2021. – № 2(76). – С. 58–64.
13. *Динамика морфометрических показателей щитовидной железы свиней в постнатальном онтогенезе* / В.И. Трухачев, В.С. Скрипкин, А.Н. Квочко, А.Н. Шулунова // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 8(173). – С. 149–153.
14. *Морфология печени у свиней при использовании поливитаминного препарата* / Т.П. Шубина, Н.В. Чопорова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 5–1(119). – С. 168–170.
15. *Махаев Е.А.* Рекомендации по детализированному кормлению свиней мясного типа: справочное пособие / Е.А. Махаев, А.Т. Мысик, Н.И. Стрекозов. – Дубровицы: Всерос. НИИ животноводства им. академика Л.К. Эрнста, 2016. – 118 с.
16. *Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах* / Р.В. Некрасов, А.В. Головин, Е.А. Махаев [и др.]; Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста. – М.: Рос. акад. наук, 2018. – 290 с.
17. *Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья* / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3(44). – С. 54–61.
18. *Lead content in bristle in aboriginal pigs of Siberia* / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, T.V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 150.

19. *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, N 4. – P. 866–871.
20. *Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia* / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2017. – Vol. 44, N S. – P. 74.
21. *Content of heavy metals in the hair* / S.A. Patrashkov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich, I.V. Petukhov // Journal De Physique. IV : JP, Grenoble, 26–30 мая 2003 года / editors: Boutron C., Ferrari C. – Grenoble, 2003. – P. 1025–1027.
22. *Comparative anatomy and physiology of the pig* / M.M. Swindle, A.C. Smith // Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science. – 1998. – Vol. 25. – P. 11–21.
23. *Pabst R. The pig as a model for immunology research* // Cell and Tissue Research. – 2020. – Vol. 380. – P. 287–304.
24. *Rothkotter H.J. Anatomical particularities of the porcine immune system-a physician's view* // Developmental and Comparative Immunology. – 2009. – Vol. 33(3). – P. 267–272.
25. *Дроздова Л.И., Пузырников А.В. Морфология печени свиней в конце откорма при традиционных технологиях* // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 11(141). – С. 20–23.
26. *Андреева С.Д. Анатомо-физиологическая характеристика и методы исследования печени у животных: учеб.-метод. пособие* / С.Д. Андреева, А.Н. Шестакова, А.Ф. Сапожников. – Киров: Вятская гос. с.-х. акад., 2012. – 112 с.
27. *Goralsky L.P., Dunaievska O.F. Morphological features of the spleen of domestic animals* // Austria–science. – 2018. – N 16. – P. 3–6.
28. *Патент № 2591825 С1 Российской Федерации, МПК G01N 33/48. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота* : № 2015116391/15 : заявл. 29.04.2015 : опубл. 20.07.2016 / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]; заявитель: ФГБОУ ВПО Новосиб. гос. аграр. ун-т.
29. *Патент № 2758902 С1 Российской Федерации, МПК G01N 33/48. Способ оценки кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота* : № 2020124521 : заявл. 14.07.2020 : опубл. 02.11.2021 / К.Н. Нарожных, Э.С. Соколова, Т.В. Коновалова [и др.]; заявитель: ФГБОУ ВПО Новосиб. гос. аграр. ун-т.
30. *Патент № 2761031 С1 Российской Федерации, МПК G01N 33/48. Способ определения уровня цинка в почках свиней* : № 2021101423 : заявл. 22.01.2021 : опубл. 02.12.2021 / О.А. Зайко, А.В. Назаренко, О.И. Себежко [и др.] ; заявитель: ФГБОУ ВПО Новосиб. гос. аграр. ун-т.
31. *Патент № 2762614 С1 Российской Федерации, МПК G01N 33/48. Способ определения уровня железа в печени свиней* : № 2021107856 : заявл. 23.03.2021 : опубл. 21.12.2021 / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова, О.И. Себежко [и др.] ; заявитель: ФГБОУ ВПО Новосиб. гос. аграр. ун-т.
32. *Кемеровская порода свиней* / И.И. Гудилин, В.Н. Дементьев [и др.]; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск : РПО СО РАСХН, 2003. – 388 с.
33. *Погодаев В.А., Пешков А.Д. Особенности развития внутренних органов свиней различных генотипов* // Перспективное свиноводство: теория и практика. – 2011. – № 1. – С. 11.
34. *Особенности роста живой массы и формирования внутренних органов у животных импортных пород в различные возрастные периоды* / Л.А. Федоренкова, Р.И. Шейко, Е.А. Янович [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2015. – Т. 50, № 1. – С. 190–196.
35. *Ильяков А.В., Неупокоева А.С., Ступина Е.С. Убойные и мясные качества свиней разного генотипа* // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Курган, 15 апр. 2021 г. – Курган: Курган. гос. с.-х. акад. им. Т.С. Мальцева, 2021. – С. 196–201.
36. *Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней* / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2012. – 579 с.

37. Терницкий П.И. Сравнительный откорм свиней сибирской пестрой породной группы, сибирской северной и крупной белой пород // Тр. СибНИИЖ. – Новосибирск, 1951. – Вып. 7. – С. 51–65.

REFERENCES

1. Zajko O.A., *Izmenchivost` i korrelyacii ximicheskix elementov v organax i tkanyax svinej skorospeloj myasnoj porody` SM-1* (Variability and correlations of chemical elements in organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, 183 p.
2. Strizhkova M.V., *Soderzhanie, izmenchivost` i korrelyatsiya makroelementov v organakh i tkanyakh krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody* (Content, variability and correlation of macronutrients in organs and tissues of Black-and-white cattle), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2018, 126 p.
3. Narozhny'x K.N., *Izmenchivost`, korrelyaciya i uroven` tyazhelyx metallov v organax i tkanyax gereforskogo skota v usloviyah Zapadnoj Sibiri* (Variability, correlation and level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p.
4. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. [et al.], *Problemy selektsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh*, (Problems of breeding farm animals) Novosibirsk: Sibirskoe izdatel'sko poligraficheskoe i knigotorgovoe predpriyatiye "Nauka" RAN, 1997. 283 p.
5. Anisimova K.A., *Sravnitel'naya morfologiya pecheni i podzheludochnoi zhelezy svinei myasnykh porod na rannikh etapakh postnatal'nogo ontogeneza* (Comparative morphology of the liver and pancreas of pigs of meat breeds at the early stages of postnatal ontogenesis), Candidate's thesis, Sankt-Peterburg, 2020, 121 p.
6. Zagorodnev Yu.P., Zyukanov A.V., *Nauka i Obrazovanie*, 2022, Vol. 5, No. 1, pp. 99. (In Russ.)
7. Smirnov V.M., Smirnova N.V., *Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki*, 2020, No. 10, pp. 355–362. (In Russ.)
8. Zelenevskii N.V., Zelenevskii K.N., *Anatomiya zhivotnykh* (Animal anatomy), Sankt-Peterburg: Lan', 2022, 450 p.
9. Fedotov D.N., *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znaka pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny*, 2011, Vol. 47, No. 1, pp. 305–308. (In Russ.)
10. Shevchenko B.P., Ozernoi E.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 2 (46), pp. 185–189. (In Russ.)
11. Shlenkina T.M., Lyubin N.A., Akhmetova V.V., Pul'cherovskaya L.P., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*, 2019, Vol. 240, No. 4, pp. 214–219. (In Russ.)
12. Skripkin V.S., Kvochko A.N., Dilekova O.V. [et al.], *Veterinarnaya patologiya*, 2021, No. 2(76), pp. 58–64. (In Russ.)
13. Trukhachev V.I., Skripkin V.S., Kvochko A.N., Shulunova A.N., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 8 (173), pp. 149–153. (In Russ.)
14. Shubina T.P., Choporova N.V., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2022, No. 5–1 (119), pp. 168–170. (In Russ.)
15. Makhaev E.A., Mysik A.T., Strekozov N.I., *Rekomendatsii po detalizirovannomu kormleniyu svinei myasnogo tipa* (Recommendations for detailed feeding of meat-type pigs), Dubrovitsy: Vsesrossiiskii NII zhivotnovodstva im. akademika L.K. Ernst, 2016, 118 p. (In Russ.)
16. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A. [et al.], *Normy potrebnosti molochnogo skota i svinei v pitatel'nykh veshchestvakh* (Nutrient requirements for dairy cattle and pigs), Federal'nyi nauchnyi tsentr zhivotnovodstva, VIZh im. akademika L.K. Ernst, Moscow: Rossiiskaya akademiya nauk, 2018, 290 p.
17. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A. [et al.], *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 54–61. (In Russ.)
18. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. [et al.], Lead content in bristle in aboriginal pigs of Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 150.

19. 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, No. 4, pp. 866–871.
20. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L. [et al.], Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, No. S, pp. 74.
21. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Petukhov I.V., Content of heavy metals in the hair, *Journal De Physique. IV : JP*, Grenoble, 2003, pp. 1025–1027.
22. Swindle M.M., Smith A.C., Comparative anatomy and physiology of the pig, *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, 1998, Vol. 25, pp. 11–21.
23. Pabst R., The pig as a model for immunology research, *Cell and Tissue Research*, 2020, Vol. 380, pp. 287–304.
24. Rothkotter H.J., Anatomical particularities of the porcine immune system—a physician's view, *Developmental and Comparative Immunology*, 2009, Vol. 33 (3), pp. 267–272.
25. Drozdova L.I., Puzyrnikov A.V., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2015, No. 11 (141), pp. 20–23. (In Russ.)
26. Andreeva S.D., Shestakova A.N., Sapozhnikov A.F., *Anatomo-fiziologicheskaya kharakteristika i metody issledovaniya pecheni u zhivotnykh* (Anatomical and physiological characteristics and methods for studying the liver in animals), Kirov: Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2012, 112 p.
27. Goralsky L.P., Dunaievska O.F., Morphological features of the spleen of domestic animals, *Austria—science*, 2018, No. 16, pp. 3–6.
28. Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [et al.], Patent № 2591825 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK G01N 33/48. *Sposob opredeleniya soderzhaniya kadmiya v pecheni krupnogo rogatogo skota*: № 2015116391/15: zayavl. 29.04.2015: opubl. 20.07.2016; zayavitel' FGBOU VO Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. (In Russ.)
29. Narozhnykh K.N., Sokolova E.S., Konovalova T.V. [et al.], Patent № 2758902 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK G01N 33/48. *Sposob otsenki kadmiya v myshechnoi tkani krupnogo rogatogo skota*: № 2020124521: zayavl. 14.07.2020: opubl. 02.11.2021; zayavitel' FGBOU VO Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. (In Russ.)
30. Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Sebezhko O.I. [et al.], Patent № 2761031 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK G01N 33/48. *Sposob opredeleniya urovnya tsinka v pochkakh svinei*: № 2021101423: zayavl. 22.01.2021: opubl. 02.12.2021; zayavitel' FGBOU VO Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. (In Russ.)
31. Zaiko O.A., Konovalova T.V., Sebezhko O.I. [et al.], Patent № 2762614 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK G01N 33/48. *Sposob opredeleniya urovnya zheleza v pecheni svinei*: № 2021107856: zayavl. 23.03.2021: opubl. 21.12.2021; zayavitel' FGBOU VO Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. (In Russ.)
32. Gudilin I.I., Dement'ev V.N., Tarakanov E.A. [et al.], *Kemerovskaya poroda svinei* (Kemerovo pig breed), Novosibirsk: RPO SO RASKhN, 2003, 388 p.
33. Pogodaev V.A., Peshkov A.D., *Perspektivnoe svinovodstvo: teoriya i praktika*, 2011, No. 1, pp. 11. (In Russ.)
34. Fedorenkova L.A., Sheiko R.I., Yanovich E.A. [et al.], *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*, 2015, Vol. 50, No. 1, pp. 190–196. (In Russ.)
35. Il'yakov A.V., Neupokoeva A.S., Stupina E.S., *Aktual'nye problemy APK i innovatsionnye puti ikh resheniya* (Actual problems of the agro-industrial complex and innovative ways to solve them), Proceedings of the Conference, Kurgan: Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya im. T.S. Mal'tseva, 2021, pp. 196–201. (In Russ.)
36. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I. [et al.], *Genofond i fenofond sibirskoi severnoi porody i cherno-pestroj porodnoi gruppy svinei* (Gene pool and pheno pool of the Siberian northern breed and the black-and-white breed group of pigs), Novosibirsk: Prometei, 2012, 579 p. (In Russ.)
37. Ternitskii P.I., *Trudy SibNIIZh*, Novosibirsk, 1951, Vyp. 7, pp. 51–65. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-123-129

УДК 575.224.22

ПОИСК ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ЖИВОЙ МАССОЙ У ОВЕЦ СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ МЯСО-ШЕРСТНОЙ ПОРОДЫ

¹Р.В. Зуев, аспирант

^{1,2}А.Ю. Криворучко, доктор биологических наук, профессор

¹М.Ю. Кухарук, кандидат биологических наук, доцент

^{1,2}А.В. Никитина, студент

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра, Ставрополь, Россия

E-mail: romus00@yandex.ru

Ключевые слова: овцеводство, северокавказская мясо-шерстная порода, полногеномный поиск ассоциаций, однонуклеотидные замены, GWAS, SNP, гены-кандидаты

Реферат. Полногеномный анализ ассоциаций (GWAS) является в настоящее время одним из самых эффективных методов, позволяющих идентифицировать полиморфизмы и локусы, связанные с хозяйственно-значимыми признаками продуктивных животных. В статье представлены данные, полученные при проведении полногеномного поиска ассоциаций для показателя «живая масса» у овец северокавказской мясо-шерстной породы. Генотипирование животных проведено с использованием ДНК-биочипов Ovine Infinium HD BeadChip 600K. Контроль качества генотипирования и GWAS осуществлен с помощью программного обеспечения PLINK V.1.07. Визуализация и построение графиков выполнены с использованием пакета QQman на языке программирования R. В результате проделанной работы выявлено 6 однонуклеотидных замен, преодолевших порог достоверности – $\log_{10}(p) = 5$. Полиморфизмы rs419523766, rs418460707, rs420899508, rs425865365 и rs422334764 расположены в межгенных областях, а rs398681425 – в downstream-области белок-кодирующего гена. На основании проведённых исследований мы можем предложить 4 новых гена-кандидата, ассоциированных с живой массой овец: C1H1orf94, KCNA4, S100-A7 и ZNF706. Функцию гена C1H1orf94 ещё только предстоит выяснить, остальные же гены участвуют в регуляции обмена веществ и клеточной дифференцировки. Влияние предложенных генов-кандидатов на параметры мясной продуктивности животных должно быть подтверждено в последующих исследованиях, а полиморфизмы, обнаруженные в ходе исследования, могут использоваться как молекулярные маркеры при генотипировании секвенированием.

SEARCH FOR CANDIDATE GENES ASSOCIATED WITH LIVE WEIGHT IN NORTH CAUCASIAN MEAT AND WOOL SHEEP

¹Р.В. Зуев, PhD Student

^{1,2}А.Ю. Криворучко, PhD in Biological Sciences, Professor

¹М.Ю. Кухарук, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

^{1,2}А.В. Никитина, Student

¹North Caucasus Federal University, Faculty of Medicine and Biology, Stavropol, Russia

²All-Russian Research Institute for Sheep and Goat Breeding - the branch of the North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Stavropol, Russia

E-mail: romus00@yandex.ru

Keywords: sheep breeding, Severocavcanskaya sheep breed, genome-wide association study, single nucleotide polymorphism, GWAS, SNP, candidate genes.

Abstract. Genome-wide association study is currently one of the most effective methods for identifying polymorphisms and loci associated with economically significant traits of productive animals. The article presents data obtained during a genome-wide association study for the “live weight” indicator in the Severocavcanskaya sheep breed. Animal genotyping was carried out using Ovine Infinium HD BeadChip 600K DNA biochips. Genotyping quality control, as well as genome-wide association analysis, was performed using PLINK V.1.07 software. Visualization and plotting were carried out using the QQman package in the R programming language. As a result of the work done, six single nucleotide polymorphisms were identified that overcame the significance threshold – $\log_{10}(p) = 5$. The rs419523766, rs418460707, rs420899508, rs425865365, and rs422334764 polymorphisms are located in the intergenic regions, and rs398681425, in the downstream part of the protein-

coding gene. Based on the studies carried out, we can propose four new candidate genes associated with sheep live weight: C1H1orf94, KCNA4, S100-A7 and ZNF706. The function of the C1H1orf94 gene has yet to be clarified, while the rest of the genes perform essential functions, including in the regulation of metabolic processes. Further studies should be aimed at confirming the influence of the proposed candidate genes on the phenotype of animals and at proving the relationship of the detected polymorphisms with confirmation indicators of sheep.

Достижения в области молекулярной генетики позволили разработать новые подходы к совершенствованию популяций сельскохозяйственных животных. Среди них можно выделить методы оценки и прогнозирования мясной продуктивности мелкого рогатого скота, в основе которых лежит применение генетических маркеров. Для поиска таких маркеров всё чаще используется полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) как один из наиболее эффективных методов. Он основывается на обработке результатов генотипирования животных по отдельным однонуклеотидным полиморфизмам (SNP) с помощью ДНК-биочипов [1, 2].

Использование полногеномного поиска ассоциаций в овцеводстве позволяет определить гены-кандидаты, оказывающие влияние на прижизненные показатели продуктивности у овец разных пород [3–5]. Параметр «живая масса» является важным признаком, связанным с мясной продуктивностью. Он зависит как от многих наследственных факторов, так и от условий окружающей среды, поэтому поиск молекулярных маркеров, влияющих на его формирование, является актуальным [6]. Кроме того, GWAS играет важную роль в разработке методов генотипирования секвенированием.

Особое внимание стоит уделить породам, хорошо приспособленным к изменяющимся внешним условиям [7, с. 83]. Одной из таких пород считается северокавказская мясо-шерстная, разводимая на территории Ставропольского края. Овцы данной породы характеризуются хорошей мясной и шерстной продуктивностью и способностью легко адаптироваться к различным условиям разведения [8, с. 67].

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования стал поиск новых генов-кандидатов, ассоциированных с параметром «живая масса», у овец северокавказской мясо-шерстной породы.

Задачи исследования:

- выявить достоверные ассоциации между живой массой и SNP у овец северокавказской мясо-шерстной породы;
- обнаружить гены-кандидаты, ассоциированные с живой массой у овец исследуемой породы с помощью картирования полиморфизмов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования послужили го-довалые бараны (n=50) северокавказской мясо-шерстной породы, разводимые в СПК «Племенной завод Восток» Степновского района Ставропольского края. Все животные были клинически здоровы, содержались в оптимальных условиях, не стрижены [9].

Лабораторные исследования проведены на базе лабораторий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНЦ» и ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Геномная ДНК выделена из образцов крови, отобранных из яремной вены, в асептических условиях при помощи набора Pure Link Genomic DNA MiniKit (Invitrogen Life Technologies, США) согласно протоколу производителя. Генотипирование животных осуществляли с использованием ДНК-биочипов Ovine Infinium HD BeadChip 600K (Illumina Inc, Калифорния, США) в соответствии с протоколом производителя. Первоначальная обработка результатов генотипирования проведена с помощью программы Genome Studio 2.0 (Illumina Inc, Калифорния, США).

Контроль качества генотипирования выполнен с помощью программы PLINK V.1.07. В обработку данных были включены образцы с показателем количества обнаруженных SNP (Call Rate) более 0,95. Из 606006 SNP для дальнейшего анализа было использовано 562549 полиморфизмов.

GWAS выполняли с помощью программного обеспечения PLINK V.1.07, функция – assoc [10]. Достоверными считали различия при $-\log_{10}(p) > 5$. Визуализацию и построение графиков производили с применением пакета QQman на языке программирования R.

Поиск ближайших генов-кандидатов выполняли в области 250000 п.н. вокруг SNP, показавших достоверные различия по встречаемости среди животных исследуемых групп. Картирование SNP проведено с помощью сборки генома Oar_v3.1. Аннотации генов выполнялись с использованием геномного браузера Ensemble (www.ensembl.org).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом проведённого GWAS для параметра «живая масса» стало выявление 6 од-

онуклеотидных замен, преодолевших порог достоверности $-\log_{10}(p) > 5$ (рис. 1). Данные полиморфизмы расположены на 1, 5, 9 и 15-й хромосомах.

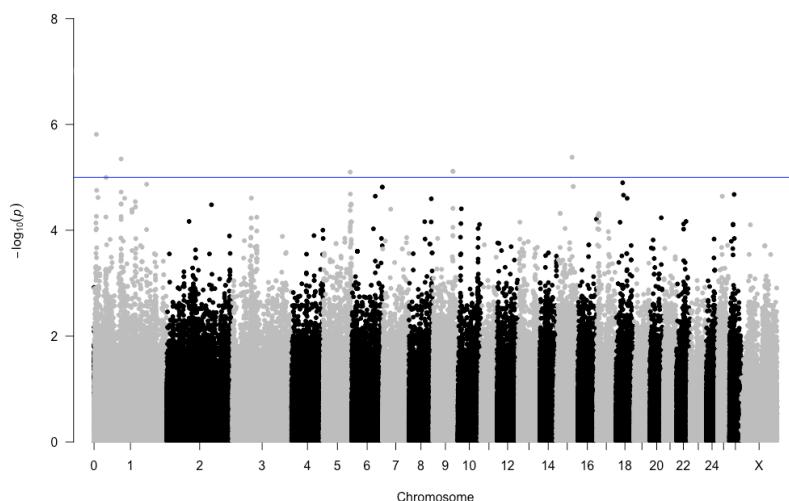


Рис. 1. Манхэттенский график результатов GWAS с набором значений $-\log_{10}(p)$ для исследуемых SNP.

Горизонтальная линия обозначает порог достоверности различий при значении $-\log_{10}(p) = 5$

Fig. 1. Manhattan plot of GWAS results with a set of $-\log_{10}(p)$ values for the studied SNPs. The horizontal line indicates the confidence threshold of differences at $-\log_{10}(p) = 5$

На представленном квантиль-квантиль графике показаны результаты оценки распределения достоверностей различий. Отклонение от теоретически ожидаемого рас-

пределения в случае подтверждения нулевой гипотезы наблюдается начиная с $-\log_{10}(p) > 5$ (рис. 2).

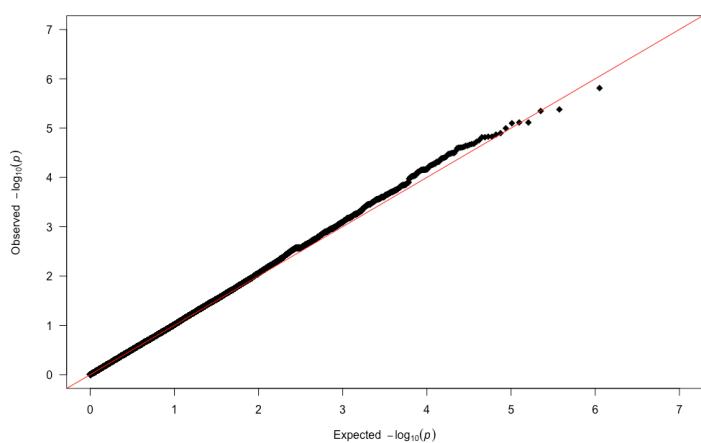


Рис. 2. Q-Q-график для вероятностей распределения достоверности оценок однонуклеотидных полиморфизмов

Fig. 2. Q-Q-plot for probability distributions of single-nucleotide polymorphism estimates

Для поиска генов-кандидатов были выбраны SNP, имеющие достоверные ассоциации. Один из полиморфизмов локализуется

в downstream-области белок-кодирующего гена, пять – в межгенных областях (таблица).

Характеристики однонуклеотидных замен, ассоциированных с живой массой у овец северокавказской мясо-шерстной породы

Characteristics of single nucleotide substitutions associated with live weight in North Caucasian meat-wool sheep

SNP	Хромосома/позиция	P	Ген/расстояние до гена
rs419523766	1/8828521	1.540e-06	<i>C1H1orf94</i> /55456
rs418460707	15/58872268	4.178e-06	<i>5S rRNA</i> /50391 <i>KCNA4</i> /50126
rs398681425	1/102491728	4.495e-06	<i>S100-A7</i> /downstream
rs420899508	9/75673001	7.685e-06	<i>ZNF706</i> /110369
rs425865365	9/75674983	7.685e-06	<i>ZNF706</i> /108387
rs422334764	5/102275828	7.960e-06	<i>ENSOARG00000018734/385009</i>

В хромосоме 1 было выявлено две замены: rs419523766 и rs418460707. Для полиморфизма rs419523766 ближайшим геном-кандидатом является ген *C1H1orf94*, гомолог человеческого *C1orf94* (chromosome 1 open reading frame 94). Функции белка, кодируемого этим геном (W5QDQ1), пока не выяснены. Известно, что данный ген у человека экспрессируется преимущественно в семенниках [11], и его повышенная экспрессия может быть ассоциирована с патологическим ожирением и неалкогольной жировой болезнью печени [12, с. 154; 13, с. 105]. У овец продукты этого гена обнаруживаются в молоке в первые три дня вскармливания [14, с. 6]. Таким образом, ген *C1H1orf94* может быть ассоциирован с показателем «живая масса» у овец. Кроме того, для дальнейших исследований будет актуально выявление функций данного гена.

Замена rs418460707 расположена в downstream-области гена *S100-A7* (S100 calcium-binding protein A7, или псориазин). У человека белок, кодируемый этим геном, имеет антимикробную активность, участвует в регуляции клеточного цикла, дифференциации клеток, а также играет роль в развитии онкологических заболеваний [15, с. 6749]. Повышенная экспрессия данного гена в коже характерна для больных псoriasis [16, с. 568–569]. Учитывая вышеизложенное, мы можем считать *S100-A7* геном-кандидатом, ассоциированным с живой массой у овец.

Для полиморфизма rs422334764, расположенного на хромосоме 5, не удалось найти аннотированных генов на расстоянии до 250000 пар нуклеотидов. Хотя эта замена расположена далеко от близлежащих генов и не может использоваться для определения гена-кандидата, ее можно оценивать как молекулярно-генетический маркер, связанный с живой массой.

Замены rs420899508 и rs425865365 расположены близко друг к другу на хромосоме 9 (на расстоянии 1982 нуклеотида). Ближайшим к ним геном является *ZNF706* (zinc finger protein 706). Данный ген относится к группе

генов цинковых пальцев (ZNF), способных связываться с ДНК и регулировать транскрипцию других генов. Они играют важную роль в росте клеток, пролиферации и апоптозе [17, с. 4]. У овец *ZNF706* экспрессируется во всех типах тканей [18], поэтому мы можем рассматривать его как ген-кандидат, ассоциированный с живой массой.

На хромосоме 15 выявлен полиморфизм rs418460707, находящийся между генами *KCNA4* (potassium voltage-gated channel subfamily A member 4) и *5S rRNA* (5S ribosomal RNA). Ген *5S rRNA* встречается у архей, бактерий и эукариот. Продукт экспрессии входит в состав большой субъединицы рРНК [19, с. 176]. У эукариот этот ген присутствует в большом количестве копий в геноме и маловероятно, что он может быть ассоциирован с живой массой.

KCNA4 относится к группе генов, кодирующих белки потенциал-зависимых калиевых каналов. Данные белки имеют важное значение для всех клеток организма, так как регулируют прохождение ионов калия через клеточную мембрану в зависимости от трансмембранных потенциала [20]. У овец повсеместная экспрессия наблюдается во многих тканях, но наиболее активно в гипофизе, гипоталамусе, головном мозге и мозговом веществе надпочечников [18]. Ген *KCNH8* из этой группы ранее уже указывался как ген-кандидат, ассоциированный с показателями продуктивности у романовской породы овец [21, с. 75–76]. Таким образом, полиморфизм rs418460707 можно использовать как молекулярно-генетический маркер, связанный с параметром «живая масса».

ВЫВОДЫ

1. Выявлены достоверные ассоциации между живой массой и шестью SNP на 1, 5, 9 и 15-й хромосомах у овец северокавказской мясо-шерстной породы. Полиморфизмы rs419523766, rs418460707, rs420899508,

rs425865365 и rs422334764 расположены в межгенных областях, а rs398681425 – в downstream-области белок-кодирующего гена.

2. Картирование полиморфизмов позволило выявить 4 гена-кандидата, ассоциированных с живой массой у овец исследуемой породы: *C1H1orf94*, *KCNA4*, *S100-A7*, *ZNF706*. Функцию гена *C1H1orf94* ещё только предстоит выяснить, остальные же гены участвуют в регуляции обмена веществ и клеточной дифференцировки.

3. Влияние предложенных генов-кандидатов на параметры мясной продуктивности животных должно быть подтверждено в последующих исследованиях, а полиморфизмы, обнаруженные в ходе исследования, могут использоваться как молекулярные маркеры при генотипировании секвенированием.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта № 22-26-20009 от 21.03.2022 г. за счет средств Российской научного фонда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Benavides M.V., Souza C.J.H., Moraes J.C.F.* How efficiently Genome-Wide Association Studies (GWAS) identify prolificacy-determining genes in sheep // Genetics and Molecular Research. – 2018. – Vol. 17 (2). – P. 9–14. – DOI: 10.4238/gmr16039909.
2. *Саприкина Т.Ю.* Применение полногеномного поиска ассоциаций (GWAS) в животноводстве (обзор) // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. для студентов, аспирантов и молодых ученых (Ставрополь, 3 дек. 2020 г.). – Ставрополь: Изд-во Ставропол. ГАУ, 2020. – С. 320–325.
3. *Поиск генов-кандидатов, ассоциированных с высотой в холке у овец породы джалгинский меринос / А.Ю. Криворучко, Т.Ю. Саприкина, О.А. Яцык [и др.]* // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 1 (14). – С. 71–78. – DOI: 10.25930/2687-1254/010.1.14.2021.
4. *Genome-wide association analysis identifies the genetic basis of fat deposition in the tails of sheep (Ovis aries) / S.S. Xu, X. Ren, G.L. Yang [et al.]* // Animal Genetics. – 2017. – Vol. 48 (5). – P. 560–569. – DOI: 10.1111/age.12572.
5. *Tobar K.M.C., Álvarez D.C.L., Franco L.Á.Á.* Genome-wide association studies in sheep from Latin America. Review // Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. – 2020. – Vol. 11 (3). – P. 859–883. – DOI: 10.22319/rmcp.v11i3.5372.
6. *Al-Mamun H.A., Kwan P., Clark S.A.* Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight // Genetics Selection Evolution. – 2015. – Vol. 47 (1). – P. 66. – DOI: 10.1186/s12711-015-0142-4.
7. *Ассоциация генотипов β-лактоглобулина с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, Ю.С. Назаренко* // Вестник НГАУ. – 2020. – № 4 (57). – Р. 82–87. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-82-87.
8. *Омаров А.А., Гайдашов С.И.* Продуктивные показатели овец северокавказской мясо-шерстной породы и их взаимосвязь с основными селекционируемыми признаками // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (196). – С. 66–72.
9. *Абонеев В.В., Квитко Ю.Д., Селькин И.И.* Методика оценки мясной продуктивности овец. – Ставрополь: СНИИЖК. – 2009. – 34 с.
10. *Purcell S., Neale B., Todd-Brown K.* PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses // American Journal of Human Genetics. – 2007. – Vol. 81. – P. 559–575. – DOI: 10.1086%2F519795.
11. *Analysis of the human tissue-specific expression by genome-wide integration of transcriptomics and antibody-based proteomics / L. Fagerberg, B.M. Hallström, P. Oksvold [et al.]* // Molecular & Cellular Proteomics. – 2014. – Vol. 13 (2). – P. 397–406. – DOI: 10.1074/mcp.M113.035600.
12. *Bipolar disorder with comorbid binge eating history: a genome-wide association study implicates APOB / S.J. Winham, A.B. Cuellar-Barboza, S.L. McElroy, [et al.]* // Journal of Affective Disorders. – 2014. – Vol. 165. – P. 151–158. – DOI: 10.1016/j.jad.2014.04.026.

13. *Genome-Wide Associations Related to Hepatic Histology in Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Hispanic Boys* / J. Wattacheril, J.E. Lavine, N.P. Chalasani [et al.] // *The Journal of Pediatrics*. – 2017. – Vol. 190. – P. 100–107. – DOI: 10.1016/j.jpeds.2017.08.004.
14. *Exploration of ovine milk whey proteome during postnatal development using an iT-RAQ approach* / X. Zhang, F. Li, F. Qin [et al.] // *Peer J*. – 2020. – Vol. 8. – e10105. – DOI: 10.7717%2Fpeerj.10105.
15. *S100A7*: from mechanism to cancer therapy / L. Padilla, S. Dakhel, J. Adan [et al.] // *Oncogene*. – 2017. – Vol. 36. – P. 6749–6761. – DOI: 10.1038/onc.2017.283.
16. *Watson P.H., Leygue E.R., Murphy L.C. Psoriasis (S100A7)* // *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. – 1998. – Vol. 30 (5). – P. 567–571. – DOI: 10.1016/S1357-2725(97)00066-6.
17. *Expression, purification and molecular analysis of the human ZNF706 protein* / J. Colombo, P.J.S. Provazzi, M.F. Calmon [et al.] // *Biological Procedures Online*. – 2013. – Vol. 15. – P. 10. – DOI: 10.1186/1480-9222-15-10.
18. *The sheep genome illuminates biology of the rumen and lipid metabolism* / Y. Jiang, M. Xie, W. Chen [et al.] // *Science*. – 2014. – Vol. 344 (6188). – P. 1168–1173. – DOI: 10.1126/science.1252806.
19. *5S Ribosomal RNA Database* // M. Szymanski, M.Z. Barciszewska, V.A. Erdmann [et al.] // *Nucleic Acids Research*. – 2002. – Vol. 30 (1). – P. 176–178. – DOI: 10.1093%2Fnar%2F30.1.176.
20. *Satuluri V.S.A.K., Seelam J., Gupta S.P. A quantitative structure-activity relationship study on some series of potassium channel blockers* // *Medicinal Chemistry*. – 2009. – Vol. 5 (1). – P. 87–92. – DOI: 10.2174/157340609787049244.
21. *Полногеномный поиск ассоциаций (GWAS) с продуктивностью у овец романовской породы* / А.Ю. Криворучко, О.А. Яцык, Т.Ю. Саприкина [и др.] // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*. – 2021. – № 59 (1). – С. 71–80. – DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-1-71-80.

REFERENCES

1. Benavides M.V., Souza C.J.H., Moraes J.C.F., How efficiently Genome-Wide Association Studies (GWAS) identify prolificity-determining genes in sheep, *Genetics and Molecular Research*, 2018, Vol. 17, No. 2, pp. 9–14.
2. Saprikina T.Yu., *Perspektivnye razrabotki molodykh uchenykh v oblasti proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoi produktsii* (Promising developments of young scientists in the field of production and processing of agricultural products), Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference for students, graduate students and young scientists, Stavropol: Publ. Stavropol SAU, 2020, pp. 320–325. (In Russ.)
3. Krivoruchko A.Yu., Saprikina T.Yu., Yatsyk O.A., Kanibolotskaya A.A., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2021, Vol. 1, No. 14, pp. 71–78. (In Russ.)
4. Xu S.S. [et al.], Genome-wide association analysis identifies the genetic basis of fat deposition in the tails of sheep (*Ovis aries*), *Animal Genetics*, 2017, Vol. 48, No. 5, pp. 560–569.
5. Tobar K.M.C., Álvarez D.C.L., Franco L.Á.Á., Genome-wide association studies in sheep from Latin America. Review, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2020, Vol. 11, No. 3, pp. 859–883.
6. Al-Mamun H.A., Kwan P., Clark S.A., Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight, *Genetics Selection Evolution*, 2015, Vol. 47, No. 1, pp. 66.
7. Klimanova E.A., Konovalova T.V., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petuhov V.L., Nazarenko Ju.S., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 4 (57), pp. 82–87, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-82-87. (In Russ.)
8. Omarov A.A., Gaidashov S.I., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, Vol. 2, No. 196, pp. 66–72. (In Russ.)

9. Aboneev V.V., Kvitko Yu.D., Selkin I.I., *Metodika otsenki myasnoi produktivnosti ovets* (Methodology for assessing the meat productivity of sheep), Stavropol: Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, 2009, 34 p.
10. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses, *American Journal of Human Genetics*, 2007, Vol. 81, pp. 559–575.
11. Fagerberg L. [et al.], Analysis of the human tissue-specific expression by genome-wide integration of transcriptomics and antibody-based proteomics, *Molecular & Cellular Proteomics*, 2014, Vol. 13, No. 2, pp. 397–406.
12. Winham S.J. [et al.], Bipolar disorder with comorbid binge eating history: a genome-wide association study implicates APOB, *Journal of Affective Disorders*, 2014, Vol. 165, pp. 151–158.
13. Wattacheril J. [et al.], Genome-Wide Associations Related to Hepatic Histology in Nonalcoholic Fatty Liver Disease in Hispanic Boys, *The Journal of Pediatrics*, 2017, Vol. 190, pp. 100–107.
14. Zhang X. [et al.], Exploration of ovine milk whey proteome during postnatal development using an iTRAQ approach, *PeerJ*, 2020, Vol. 8, e10105.
15. Padilla L. [et al.], S100A7: from mechanism to cancer therapy, *Oncogene*, 2017, Vol. 36, pp. 6749–6761.
16. Watson P.H., Leygue E.R., Murphy L.C., Psoriasin (S100A7), *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 1998, Vol. 30, No. 5, pp. 567–571.
17. Colombo J. [et al.], Expression, purification and molecular analysis of the human ZNF706 protein, *Biological Procedures Online*, 2013, Vol. 15, 10.
18. Jiang Y. [et al.], The sheep genome illuminates biology of the rumen and lipid metabolism, *Science*, 2014, Vol. 344, No. 6188, pp. 1168–1173.
19. Szymanski M. [et al.], 5S Ribosomal RNA Database, *Nucleic Acids Research*, 2002, Vol. 30, No. 1, pp. 176–178.
20. Satuluri V.S.A.K., Seelam J., Gupta S.P., A quantitative structure-activity relationship study on some series of potassium channel blockers, *Medicinal Chemistry*, 2009, Vol. 5, No. 1, pp. 87–92.
21. Krivoruchko A.Yu., Yatsyk O.A., Saprikina T.Yu., Petukhova D.D., *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk*, 2021, Vol. 59, No. 1, pp. 71–80. (In Russ.)

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ У МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, ВАКЦИНИРОВАННОГО ПРОТИВ ТРИХОФИТИИ

С.Г. Куликова, доктор биологических наук, профессор

С.И. Логинов, доктор биологических наук, доцент

Ю.С. Тренёва, заведующий лабораторией цитогенетики

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: kulikovasg@yandex.ru

Ключевые слова: геномные мутации, хромосомные aberrации, лимфоциты периферической крови, голштинизированные чёрно-пёстрые телята, трихофития.

Реферат. Данная статья является продолжением серии работ авторов, посвящённых изучению кариопатологических эффектов вакцин, применяемых в сельском хозяйстве. Проведён цитогенетический анализ последствий, вызываемых вакциной ЛТФ-130 из аттенуированной культуры гриба *Trichophyton verrucosum* ТФ-130 Л ВГНКИ в лимфоцитах периферической крови у клинически здоровых голштинизированных чёрно-пёстрых телят 30-дневного возраста. Эксперимент выполнен на материально-технической базе кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии и кафедры эпизоотологии и микробиологии ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ. Установлено, что спектр индуцированных цитогенетических нарушений включал полиплоидные, гипер- и гипоплоидные клетки, хроматидные и хромосомные разрывы, одиночные и парные фрагменты хромосом, независимо от времени с момента введения вакцины, и не отличался от спектра спонтанно возникающих мутаций у данного вида. Отмечено, что среди клеток с изменённым числом хромосом преобладали полиплоидные клетки с тетраплоидными наборами (79,3–91,9%) и анеуплоидные клетки с гипоплоидными наборами (45,7–74,3%) хромосом. Обнаружено снижение частоты полиплоидных клеток через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии до 1,6%, контроль – 3,4 ± 0,57% ($P < 0,01$). Выявлено увеличение частоты гиперпloidных клеток через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии до 3,69% за счёт трисомии ($2,91 \pm 0,74\%$, $P < 0,05$) и тетрасомии ($0,78 \pm 0,39\%$, $P < 0,01$). Найдено увеличение частоты клеток с aberrациями хромосом через 2 и 7 суток после вакцинации телят против трихофитии соответственно до 5,74 и 5,24% за счёт разрывов ($4,49 \pm 1,03$ и $3,31 \pm 0,66\%$, $P < 0,01$ – $0,01$) и парных фрагментов хромосом ($1,38 \pm 0,43\%$, $P < 0,05$).

CYTOGENETIC DISORDERS IN YOUNG CATTLE VACCINATED AGAINST TRICHOPHYTOSIS

S.G. Kulikova, Doctor of Biological Sciences, Professor

S.I. Loginov, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

Yu.S. Greneva, Head of the Laboratory of Cytogenetics

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: kulikovasg@yandex.ru

Keywords: genomic mutations, chromosomal aberrations, peripheral blood lymphocytes, Holstein black-and-white calves, trichophytosis.

Abstract. This article continues a series of works by the authors devoted to most of the karyopathological effects of vaccines used in agriculture. The authors of the test cytogenetic analysis of the impact caused by the LTF-130 vaccine from an attenuated culture of the fungus *Trichophyton verrucosum* TF-130 L VGNKI in peripheral blood lymphocytes of healthy 30-day-old healthy Holstein Colonial calves. The experiment was conducted on the material and technical basis of two departments: veterinary genetics and biotechnology, epizootiology and microbiology, FSBEI HE “Novosibirsk State Agrarian University”. The authors found that the spectrum of induced cytogenetic disorders included polyploid, hyper- and hypoploid cells, chromatid and chromosome breaks, and single and paired fragments of chromosomes, regardless of the time since the introduction of the vaccine. They did not differ from the spectrum of spontaneously occurring mutations in this species. It was noted that among cells with a changed number of chromosomes, polyploid cells with tetraploid sets (79.3–91.9%) and aneuploid cells with hypoploid sets (45.7–74.3%) of chromosomes predominated. The authors found a decrease in the frequency of polyploid cells seven days after vaccination of calves against trichophytosis to 1.6%, control - 3.4 ± 0.57% ($P < 0.01$). An increase in the frequency of hyperploid cells 14 days after vaccination of calves against

trichophytosis up to 3.69% was revealed due to trisomy ($2.91 \pm 0.74\%$, $P < 0.05$) and tetrasomy ($0.78 \pm 0.39\%$, $P < 0.01$). An increase in the frequency of cells with chromosome aberrations was found 2 and 7 days after vaccination of calves against trichophytosis, respectively, to 5.74 and 5.24% due to breaks (4.49 ± 1.03 and $3.31 \pm 0.66\%$, $P < 0.01$ – 0.01) and paired fragments of chromosomes ($1.38 \pm 0.43\%$, $P < 0.05$).

Трихофития («стригущий лишай») крупного рогатого скота принадлежит к группе контагиозных дерматомикозов, характеризующихся появлением на коже резко ограниченных, шелушащихся пятен с обломанными у основания волосами или ярко выраженным воспалением, с выделением серозно-гнойного экссудата и образованием толстой отрубевидной корки на поверхности поражённого участка. Основной возбудитель – патогенный гриб *Trichophyton verrucosum*, впервые описанный Эмилем Боденом в 1902 г. К данному заболеванию предрасположены как разные виды диких и домашних животных (крупный и мелкий рогатый скот, лошади, северные олени, буйволы, зебу, верблюды, пушные звери, мышевидные грызуны и др.), в особенности молодняк, так и человек. На территории Новосибирской области иммунопрофилактика и терапия крупного рогатого скота в неблагополучных по трихофитии хозяйствах успешно осуществляются живой вакциной ЛТФ-130 из аттенуированной культуры гриба *Trichophyton verrucosum* ТФ-130 Л ВГНКИ [1–3].

Данные литературы свидетельствуют о том, что в ветеринарной медицине и животноводстве исследованиям, посвящённым изучению грибов и их патогенных свойств, уделяется меньше внимания, чем другим биологическим мутагенам. Следовательно, на фоне широкого применения ветеринарных препаратов и нарушения экологического равновесия всё чаще встречаются сообщения о вспышках зоонозной трихофитии или микроспории в благополучных странах [4–7], о выявлении совершенно новых возбудителей классических микозов [8–10], о дерматомикозах у животных, ранее не подверженных инфицированию [11], об устойчивости к противогрибковым препаратам [12] и др. К настоящему времени наиболее полно изучены свойства вакцин против кори, полиомиелита, оспы, гриппа, бешенства, жёлтой лихорадки, паротита, бруцеллёза и брюшного тифа, а также поликомпонентных и АКДС-вакцин у человека [13–22]. Исследование влияния вакцинаций на соматическую хромосомную нестабильность у сельскохозяйственных животных также представляет научный интерес и позволяет расширить сведения, имеющие-

ся в отечественной и зарубежной литературе [23–26].

Цель работы – изучить влияние иммунизации против трихофитии на цитогенетические показатели у молодняка крупного рогатого скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись клинически здоровые голштинизированные чёрно-пёстрые телята 30-дневного возраста, разводимые в одном из хозяйств Новосибирской области. Взятие крови для цитогенетического анализа осуществляли до вакцинации (контроль) и через 2, 7 и 14 суток после вакцинации против трихофитии. В результатах исследований проведено сравнение цитогенетических показателей у телят, вакцинированных против трихофитии, с данными иммунизации этих же животных против сальмонеллёза (на 2-е и 9-е сутки после введения вакцин). Материалы о цитогенетических нарушениях у телят при вакцинации против сальмонеллёза опубликованы в нашей предыдущей работе [26].

Для плановой иммунизации молодняка применяли живую вакцину ЛТФ-130 (производитель ФКП «Ставропольская биофабрика») против трихофитии крупного рогатого скота в профилактической дозе 1 см³ согласно инструкции по применению. Вакцина изготовлена из аттенуированной культуры гриба *Trichophyton verrucosum* ТФ-130 Л ВГНКИ, подвергнутой сублимационной сушке с защитной сахарозо-желатиновой средой, содержащей 10% сахарозы и 2% желатина.

Материалом для цитогенетического анализа служили лимфоциты периферической крови телят, стимулированные фитогемагглютинином-П и культивированные на питательной среде RPMI-1640 (производитель ООО НПП «ПанЭко») по методике P.S. Moorhed et al. [27] с некоторыми модификациями [28, 29]. Классификацию мутаций проводили на рутинно окрашенных препаратах метафазных хромосом с применением красителя Гимза по общепринятым критериям, предложенным Н.П. Бочковым и А.Н. Чеботарёвым [30], используя бинокуляр-

ный поляризационно-интерференционный микроскоп BIOLAR PI. В анализируемых метафазных пластинках учитывали наличие полиплоидных, гипер- и гипоплоидных клеток, хроматидных и хромосомных разрывов, одиночных и парных фрагментов хромосом. Детально проанализировано 3350 метафазных пластинок (без учёта периода до вакцинации и вакцинации против сальмонеллёза. Частоты цитогенетических нарушений выражены в процентах и приведены в таблицах с ошибками.

Полученные данные обработаны стандартными методами вариационной статистики с помощью программы Microsoft Excel 2016. Достоверность различий между частотами цитогенетических показателей в группах оценивали критерием Фишера через ф-преобразования. Для нулевого значения частоты вычисляли ошибку по методу Б.Л. Ван-дер-Вардена. Статистически значимыми считали различия при $P < 0,05$ [29].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами установлено, что, как и в предыдущих исследованиях [26], спектр индуцированных цитогенетических нарушений в культурах лимфоцитов периферической крови клинически здоровых голштинизированных чёрно-пёстрых телят включал полиплоидные, гипер- и гипоплоидные клетки, хроматидные и хромосомные разрывы, одиночные и парные фрагменты хромосом независимо от времени с момента введения вакцины и не отличался от спектра спонтанно возникающих мутаций у данного вида [32, 33].

Геномные мутации у телят как до иммунизации, так и после иммунизации вакциной против трихофитии представлены полиплоидными и анеуплоидными клетками (табл. 1).

Таблица 1

Спектр и частота клеток с изменённым числом хромосом у молодняка крупного рогатого скота до и после иммунизации против трихофитии, %

Spectrum and frequency of cells with a changed number of chromosomes in young cattle before and after immunization against trichophytosis, %

Показатель	До вакцинации (контроль)	После вакцинации		
		через 2 суток	через 7 суток	через 14 суток
Полиплоидные клетки	$3,40 \pm 0,57$	$2,50 \pm 0,55$	$1,60 \pm 0,32^{**}$	$2,76 \pm 0,51$
В том числе				
3n	$0,40 \pm 0,20$	$0,25 \pm 0,18$	$0,13 \pm 0,09$	$0,29 \pm 0,16$
4n	$2,80 \pm 0,52$	$2,13 \pm 0,51$	$1,47 \pm 0,31^{*}$	$2,19 \pm 0,45$
5n	$0,10 \pm 0,10$	$0,12 \pm 0,12$	$0,00 \pm 0,07$	$0,09 \pm 0,10$
6n и >	$0,10 \pm 0,10$	$0,00 \pm 0,12$	$0,00 \pm 0,07$	$0,19 \pm 0,13$
Анеуплоидные клетки	$6,22 \pm 1,10$	$6,48 \pm 1,23$	$5,93 \pm 0,88$	$6,80 \pm 1,11$
В том числе				
гипоплоидные клетки, включая типы	$4,98 \pm 0,99$	$3,49 \pm 0,92$	$4,41 \pm 0,76$	$3,11 \pm 0,76$
2n-1	$1,04 \pm 0,46$	$1,50 \pm 0,61$	$3,03 \pm 0,64^{*}$	$1,75 \pm 0,58$
2n-2	$2,49 \pm 0,71$	$0,75 \pm 0,43^{*}$	$0,69 \pm 0,31^{*}$	$0,97 \pm 0,43$
2n-3 и <	$1,45 \pm 0,54$	$1,24 \pm 0,55$	$0,69 \pm 0,31$	$0,39 \pm 0,27$
гиперпloidные клетки, включая типы	$1,24 \pm 0,51$	$2,99 \pm 0,85$	$1,52 \pm 0,45$	$3,69 \pm 0,83^{*}$
2n+1	$1,03 \pm 0,46$	$1,25 \pm 0,55$	$1,24 \pm 0,41$	$2,91 \pm 0,74^{*}$
2n+2	$0,00 \pm 0,21$	$1,25 \pm 0,55^{***}$	$0,28 \pm 0,19$	$0,78 \pm 0,39^{**}$
2n+3 и >	$0,21 \pm 0,21$	$0,49 \pm 0,35$	$0,00 \pm 0,14$	$0,00 \pm 0,19$
Клетки с изменённым числом хромосом	$9,62 \pm 0,93$	$8,98 \pm 1,01$	$7,53 \pm 0,68$	$9,56 \pm 0,91$

Примечание. Здесь и далее: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$. Достоверные различия указаны в сравнении с периодом до вакцинации (контроль).

Note. Here and below: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$. Significant differences are indicated compared to the period before vaccination (control).

Обнаружено снижение частоты полиплоидных клеток через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии в 2,13 раза в сравнении с контролем ($3,40 \pm 0,57\%$, $P < 0,01$), а также в 2,75; 1,98 и 3,75 раза в сравнении с животными, исследованными соответственно через 2 суток ($4,40 \pm 0,75\%$ [26]), 9 суток ($3,16 \pm 0,63\%$ [26]) после их вакцинации и 2 суток ($6,00 \pm 1,68\%$ [26]) после их ревакцинации против сальмонеллёза ($P < 0,05-0,001$).

Анализ спектра полиплоидных клеток показал, что клетки с три- ($3n$) и тетраплоидными ($4n$) наборами хромосом выявлены без исключения во все периоды исследования (до вакцинации, через 2, 7 и 14 суток после вакцинации против трихофитии), в отличие от клеток с более высокой полиплоидностью ($5n$ и/или $6n$ и более), которые встречались довольно редко или вовсе отсутствовали в культурах лимфоцитов периферической крови исследованных животных. Наиболее часто регистрировали клетки с тетраплоидным набором хромосом ($79,3-91,9\%$ от общего числа полиплоидных клеток), частота которых через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии составила $1,47\%$, контроль – $2,8 \pm 0,52\%$ ($P < 0,01$). Последнее согласуется с результатами более ранних наших исследований [26] и сведениями, полученными другими учёными [34–38]. Например, в работе А.П. Колдаевой с соавторами [37] тетраплоидия в клетках костного мозга кроликов, иммунизированных вакциной против бруцеллёза (из штамма *Brucella abortus* 19), коррелировала с титром противобруцеллёзных антител в крови животных, а в опытах Л.П. Михайловой и Г.П. Горшуновой [38] однократная иммунизация мышей линии C57B1 массированной дозой вакцины против полиомиелита (из штамма Сёбина 2-го типа) вызывала увеличение числа клеток с тетра- и околотетраплоидными наборами хромосом, уровень которых на 7-е сутки составил 24%, что, по мнению авторов, обусловлено преждевременным расхождением хроматид по центромере.

Среди клеток с изменённым числом хромосом у телят в контроле и во все периоды после вакцинации против трихофитии преобладали анеуплоидные клетки с гипоплоидными наборами ($45,7-74,3\%$). Установлено сни-

жение частоты клеток с нулисомией ($2n-2$) через 2 и 7 суток после вакцинации телят против трихофитии соответственно в 3,32 и 3,61 раза в сравнении с контролем ($2,49 \pm 0,71\%$, $P < 0,05-0,001$), а также соответственно в 5,33 и 5,79 раза в сравнении с животными, исследованными через 2 суток ($4,00 \pm 1,96\%$ [26]) после их ревакцинации против сальмонеллёза ($P < 0,05$). В то же время частота клеток с моносомией ($2n-1$) через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии составила $3,03\%$, что в 2,91 раза выше, чем в контроле ($1,04 \pm 0,46\%$, $P < 0,05$), и в 2,71 раза выше, чем у животных, исследованных через 9 суток после их ревакцинации против сальмонеллёза ($1,12 \pm 0,45\%$ [26], $P < 0,05$).

Несмотря на то, что достоверного увеличения частоты полиплоидных и анеуплоидных с гипоплоидными наборами клеток не обнаружено во все без исключения периоды исследования (до вакцинации, через 2, 7 и 14 суток после вакцинации против трихофитии), частота гиперплоидных клеток через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии составила $3,69\%$ при $1,24 \pm 0,51\%$ в контроле ($P < 0,05$) и была в 2,79 и 2,37 раза выше, чем у животных, исследованных соответственно через 2 суток ($1,32 \pm 0,58\%$ [26]) и 9 суток ($1,56 \pm 0,63$ [26]) после их вакцинации против сальмонеллёза ($P < 0,05$). Это произошло за счёт увеличения частоты клеток с триесомией ($2n+1$) и тетрасомией ($2n+2$) соответственно до $2,91 \pm 0,74$ и $0,78 \pm 0,39\%$ ($P < 0,05-0,01$). Кроме того, выявлено, что частота клеток с триесомией возрастала в 5,59 и 2,79 раза через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии в сравнении с животными, исследованными соответственно через 2 суток ($0,53 \pm 0,37\%$ [26]) и 9 суток ($1,04 \pm 0,52\%$ [26]) после их вакцинации против сальмонеллёза ($P < 0,05$). Отмечено резкое увеличение частоты клеток с тетрасомией через 2 суток после вакцинации телят против трихофитии (до $1,25\%$) при их отсутствии в контроле ($P < 0,001$).

Наряду с числовыми нарушениями хромосом у молодняка крупного рогатого скота как до иммунизации, так и после иммунизации вакциной против трихофитии выявлены хромосомные aberrации, которые представлены хроматидными и хромосомными разры-

вами, одиночными и парными фрагментами хромосом (табл. 2).

Таблица 2

Спектр и частота клеток с аберрациями хромосом у молодняка крупного рогатого скота до и после иммунизации против трихофитии, %
Spectrum and frequency of cells with chromosome aberrations in young animals cattle before and after immunization against trichophytosis, %

Показатель	До вакцинации (контроль)	После вакцинации		
		через 2 суток	через 7 суток	через 14 суток
Клетки с аберрациями хромосом	1,87 ± 0,62	5,74 ± 1,16**	5,24 ± 0,83**	1,16 ± 0,47
Аберрации хромосом	2,07 ± 0,65	5,99 ± 1,18**	5,66 ± 0,86**	1,17 ± 0,47
Клетки с фрагментами хромосом	0,83 ± 0,41	1,25 ± 0,55	1,93 ± 0,51	0,58 ± 0,34
Фрагменты хромосом,	0,83 ± 0,41	1,25 ± 0,55	1,93 ± 0,51	0,58 ± 0,34
В том числе				
одиночные	0,62 ± 0,36	0,25 ± 0,25	0,55 ± 0,28	0,58 ± 0,34
парные	0,21 ± 0,21	1,0 ± 0,5	1,38 ± 0,43*	0,0 ± 0,19
Клетки с разрывами хромосом	1,04 ± 0,46	4,49 ± 1,03***	3,31 ± 0,66**	0,58 ± 0,34
Разрывы хромосом,	1,24 ± 0,51	4,74 ± 1,06**	3,59 ± 0,69**	0,58 ± 0,34
В том числе				
хроматидные	0,62 ± 0,36	1,5 ± 0,61	1,52 ± 0,45	0,39 ± 0,27
хромосомные	0,62 ± 0,36	3,24 ± 0,88**	2,07 ± 0,53*	0,19 ± 0,19

Установлено увеличение частоты клеток с аберрациями хромосом через 2 и 7 суток после вакцинации телят против трихофитии соответственно до 5,74 и 5,24%, контроль – 1,87 ± 0,62% ($P < 0,01$). Очевидно, что причиной этого стало возрастание частот клеток с разрывами и парными фрагментами хромосом. Если до вакцинации частота клеток с разрывами хромосом составила 1,04 ± 0,46%, то через 2 и 7 суток после вакцинации против трихофитии – соответственно 4,49 ± 1,03 и 3,31 ± 0,66% ($P < 0,01$ –0,01). Частота разрывов хромосомного типа через 2 и 7 суток после вакцинации телят против трихофитии достигала 3,24 и 2,07%, что соответственно в 5,23 и 3,34 раза выше, чем в контроле (0,62 ± 0,36%, $P < 0,05$ –0,01). Обнаружено увеличение частоты клеток с парными фрагментами хромосом через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии до 1,38%, контроль – 0,21 ± 0,21% ($P < 0,05$). Необходимо отметить, что через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии парные фрагменты хромосом не зарегистрированы в отличие от остальных без исключения периодов исследования (до

вакцинации, через 2 и 7 суток после вакцинации против трихофитии; $P < 0,05$ –0,001).

Подобные результаты получены и другими авторами. Так, увеличение числа клеток с хромосомными аберрациями зафиксировано Г.Г. Поповой с соавторами [39] в клетках регионарных и нерегионарных лимфоузлов морских свинок под влиянием аттенуированных штаммов *Brucella abortus* 19, *Brucella abortus* 16 и *Brucella melitensis* 89/23, достигнув максимума на 15-е сутки, а по данным И.Ф. Баринского и И.В. Дементьева [40], хроматидные и хромосомные разрывы наблюдались в 34–38% клеток костного мозга как у линейных (C57B1/6), так и у беспородных мышей на 6-е сутки после их иммунизации вирусом жёлтой лихорадки (штамм 17д).

В то же время через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии частота клеток с аберрациями хромосом резко снизилась – до 1,16%, что близко к контрольному значению, и была в 1,82; 4,17; 95 и 4,52 раза ниже, чем у животных, исследованных соответственно через 2 суток (2,11 ± 0,74% [26]) после их вакцинации и 9 суток (4,84 ± 0,93% [26]) после их ревакцинации против сальмо-

неллёза, а также через 2 суток ($5,74 \pm 1,16\%$) и 7 суток ($5,24 \pm 0,83\%$) после их вакцинации против трихофитии ($P < 0,001$). Аналогичная закономерность выявлена по частоте клеток с фрагментами и разрывами хромосом ($P < 0,05$ – $0,001$).

Таким образом, при воздействии тех или иных биологических мутагенов зачастую возникают повреждения хромосомного аппарата одного и того же порядка, а индукция цитогенетических нарушений в соматических клетках как у животных, так и у человека, обусловливается сходными механизмами [22]. По-видимому, увеличение частоты клеток с хромосомными аберрациями за счёт разрывов и парных фрагментов хромосом в лимфоцитах периферической крови клинически здоровых голштинизированных чёрно-пёстрых телят является прямым отражением процесса иммунизации и кумулятивного эффекта, оказываемого инактивированной [26] и живой вакцинами.

ВЫВОДЫ

1. Независимо от времени с момента введения вакцины против трихофитии спектр индуцированных цитогенетических нарушений в культурах лимфоцитов периферической крови клинически здоровых голштинизированных чёрно-пёстрых телят представлен полиплоидными, гипер- и гипоплоидными клетками, хроматидными и хромосомными разры-

вами, одиночными и парными фрагментами хромосом и не отличался от спектра спонтанно возникающих мутаций у данного вида.

2. Обнаружено снижение частоты полиплоидных клеток через 7 суток после вакцинации телят против трихофитии до 1,6%, контроль – $3,4 \pm 0,57\%$ ($P < 0,01$). Во все периоды исследования (до вакцинации, через 2, 7 и 14 суток после вакцинации против трихофитии) чаще всего регистрировали клетки с тетраплоидией, частота которых варьировала в пределах 79,3–91,9% от общего количества полиплоидных клеток.

3. Среди клеток с изменённым числом хромосом преобладали анеуплоидные клетки с гипоплоидными наборами (45,7–74,3%). Обнаружено увеличение частоты гиперпloidных клеток через 14 суток после вакцинации телят против трихофитии до 3,69% (контроль – $1,24 \pm 0,51\%$, $P < 0,05$) за счёт трисомии ($2,91 \pm 0,74\%$, $P < 0,05$) и тетрасомии ($0,78 \pm 0,39\%$, $P < 0,01$).

4. Выявлено увеличение частоты клеток с аберрациями хромосом через 2 и 7 суток после вакцинации телят против трихофитии соответственно до 5,74 и 5,24% (контроль – $1,87 \pm 0,62\%$, $P < 0,01$) за счёт разрывов ($4,49 \pm 1,03$ и $3,31 \pm 0,66\%$, $P < 0,01$ – $0,01$) и парных фрагментов хромосом ($1,38 \pm 0,43\%$, $P < 0,05$).

Авторы выражают благодарность и глубокую признательность Наталье Владимировне Унагаевой за оказанную помощь при проведении цитогенетических исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Челнынцева Т.В. Лечебно-профилактические мероприятия при трихофитии крупного рогатого скота // NovaInfo.Ru: Электронный ежемесячный научно-популярный журнал. – 2016. – № 48. – С. 110–116. – URL: <https://novainfo.ru/res/t3ih19af7h.pdf> (дата обращения: 25.10.2022).
2. Кухар Е.В. Биологические свойства и молекулярно-генетическая характеристика зоофильного штамма *Trichophyton verrucosum*, выделенного от человека // Вестник науки КАТУ им. С. Сейфуллина. – 2019. – № 3. – С. 172–184.
3. Ханис А.Ю, Гафурова А.М. Трихофития крупного рогатого скота // Успехи медицинской микологии. – 2019. – Т. 20. – С. 699–705.
4. *Microsporum canis*: report of a primary school outbreak / C.E. Grills, P.L. Bryan, E. O'Moore [et al.] // The Australasian Journal of Dermatology. – 2007. – Vol. 48, N 2. – P. 88–90. – DOI: 10.1111/j.1440-0960.2007.00342.x.
5. Morrell J., Stratman E. Primary care and specialty care delays in diagnosing *Trichophyton verrucosum* infection related to cattle exposure // Journal of Agromedicine. – 2011. – Vol. 16, N 4. – P. 244–250. – DOI: 10.1080/1059924X.2011.605715.
6. Moriello K. Feline dermatophytosis: aspects pertinent to disease management in single and multiple cat situations // Journal of Feline Medicine and Surgery. – 2014. – Vol. 16, N 5. – P. 419–431. – DOI: 10.1177/1098612X14530215.

7. *Mycology – an update. Part 1: Dermatomycoses: Causative agents, epidemiology and pathogenesis* / P. Nenoff, C. Krüger, G. Ginter-Hanselmayer [et al.] // *Journal of the German Society of Dermatology*. – 2014. – Vol. 12, N 3. – P. 188–211. – DOI: 10.1111/ddg.12245.
8. *Изменение спектра зооантропофильных дерматофитов, поражающих лошадей* / А.Н. Панин, М.Г. Маноян, Р.С. Овчинников [и др.] // *Успехи медицинской микологии*. – 2003. – Т. 2. – С. 118–119.
9. *Медведева Т.В., Чилина Г.А. Случай онихомикоза, вызванного *Microsporum canis** // *Проблемы медицинской микологии*. – 2011. – Т. 13, № 2. – С. 42–44.
10. *Casadevall A., Kontoyiannis D.P., Robert V. On the emergence of *Candida auris*: climate change, azoles, swamps, and birds* // *mBio*. – Washington, D.C.: American Society for Microbiology, 2019. – Vol. 10, N 4. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1266/> (дата обращения: 25.10.2022) – DOI: 10.1128/mBio.01397-19.
11. *Dermatophytosis due to *Trichophyton verrucosum* in a chamois (*Rupicapra rupicapra*)* / A. Peano, P. Tizzani, M.G. Gallo [et al.] // *European Journal of Wildlife Research*. – 2007. – Vol. 54, N 1. – P. 153–156. – DOI: 10.1007/s10344-007-0120-4.
12. *Устойчивость возбудителей трихофитии крупного рогатого скота к дезинфектантам* / В.Н. Алешкевич, Ю.А. Тимофеева, П.А. Красочки [и др.] // *Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария*. – 2008. – № 2. – С. 77–91.
13. *Nichols W.W., Levan A., Aula P. Chromosome damage associated with the measles virus *in vitro** // *Hereditas*. – 1965. – Vol. 54, N 1. – P. 101–106. – DOI: 10.1111/j.1601-5223.1965.tb02008.x.
14. *Малюта С.С., Александров А.Ф., Опольский А.Ф. Вызывание летальных мутаций в половой хромосоме дрозофилы под влиянием вируса полиомиелита* // *Цитология и генетика*. – 1969. – Т. 3, № 6. – С. 512–516.
15. *Действие некоторых профилактических прививок на хромосомы лимфоцитов периферической крови человека* / Т.Л. Чайковская, Т.И. Бужиевская, А.К. Фролов [и др.] // *Цитология и генетика*. – 1981. – Т. 15, № 3. – С. 59–63.
16. *Фролов А.К. Некоторые закономерности цитогенетических изменений в лимфоцитах периферической крови у детей, иммунизированных против оспы и паротита* // *Цитология*. – 1979. – Т. 21, № 2. – С. 202–206.
17. *Черкезия С.Е., Михайлова Г.Р., Горшунова Л.П. Исследование хромосом в клетках костного мозга мышей, иммунизированных антирабическими вакцинами* // *Цитология и генетика*. – 1980. – Т. 14, № 4. – С. 67–70.
18. *Harnden D.S. Cytogenetic studies on patients with infections and subjects vaccinated against yellow fever* // *American Journal of Human Genetics*. – 1964. – Vol. 16, N 2. – P. 204–2013.
19. *Фролов А.К., Чайковская Т.Л., Фролов В.К. Цитогенетическое изменение влияния вируса осповакцины на клетки взрослых мышей и эмбрионов* // *Цитология и генетика*. – 1978. – Т. 12, № 1. – С. 44–49.
20. *Попова Г.Г., Иванов М.М., Тиняков Г.Г. Цитогенетическая реакция лимфоузлов и селезёнки при вакцинации против бруцеллёза* // *Цитология и генетика*. – 1973. – Т. 7, № 5. – С. 468–470.
21. *Семёнов В.В., Кошпаева Е.С. Нестабильность генома человека при вирусных заболеваниях и вакцинациях* // *Казанский медицинский журнал*. – 2008. – Т. 89, № 6. – С. 815–820.
22. *Ильинских Н.Н. Цитогенетические последствия инфекций и вакцинаций. Роль вирусов, бактерий, микоплазм, простейших и гельминтов в патологических изменениях хромосомного аппарата клеток*: монография. – Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 524 с. // ИНФРА-М: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1080041> (дата обращения: 25.10.2022).
23. *Использование цитогенетических исследований при оценке активности вакцин против лейкоза крупного рогатого скота* / В.А. Бусол, С.А. Костенко, Т.Г. Тонская [и др.] // *Учёные записки УО ВГАВМ*. – 2011. – Т. 47, Вып. 2. – С. 16–18.
24. *Влияние вакцинации против бруцеллёза на гематологические показатели и титры противовирусных антител у инфицированных вирусом лейкоза коров в постvakцинальный пери*

- од / С.И. Логинов, С.К. Димов, В.В. Храмцов [и др.] // Вестник НГАУ. – 2013. – № 4 (29). – С. 81–84.
25. Куликова С.Г., Логинов С.И., Назаренко Ю.С. Влияние вакцинации против сальмонеллёза на ассоциативную способность акроцентрических хромосом у крупного рогатого скота // Теория и практика современной аграрной науки: сб. IV нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием, 26 февр. 2021 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 908–912.
26. Цитогенетические нарушения у молодняка крупного рогатого скота при вакцинации против сальмонеллёза / С.Г. Куликова, С.И. Логинов, Ю.С. Назаренко [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 3. – С. 92–103. – DOI 10.26898/0370-8799-2021-3-10.
27. Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood / P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman [et al.] // Experimental Cell Research. – 1960. – Vol. 20, N 3. – P. 613–616. – DOI: 10.1016/0014-4827(60)90138-5.
28. Куликова С.Г. Цитогенетический мониторинг крупного рогатого скота в разных экологических зонах Западной Сибири и Северного Казахстана: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1998. – 294 с.
29. Кочнева М.Л. Мониторинг популяций сельскохозяйственных животных в разных экологических условиях: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 296 с.
30. Бочков Н.П., Чеботарёв А.Н. Наследственность человека и мутагены внешней среды. – М.: Медицина, 1989. – 269 с.
31. Васильева Л.А. Статистические методы в биологии, медицине и сельском хозяйстве. – Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2007. – 127 с.
32. Куликова С.Г., Петухов В.Л., Эрнст Л.К. Геномные мутации у телят с врождёнными аномалиями // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1998. – № 5. – С. 33–35.
33. Куликова С.Г. Спонтанные хромосомные aberrации у крупного рогатого скота в различных экологических условиях Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 584.
34. Самсонов Д.В. Соматическая хромосомная нестабильность у коров голштинской породы в условиях Кузбасса // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3 (56). – С. 123–130. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-56-3-123-130.
35. Кочнева М.Л., Жиденова А.Н., Жукаев К.В. Ассоциация реципрокной транслокации RCP (13; 26) (Q24; Q11) с уровнем нестабильности генома соматических клеток у крупного рогатого скота // Вестник НГАУ. – 2015. – № 4 (37). – С. 82–86.
36. Хромосомные мутации у высокопродуктивных голштинских коров / Д.В. Самсонов, С.Г. Куликова, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2021. – № 3 (60). – С. 115–123. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-60-3-115–123.
37. Колдаева А.П., Ильинских Н.Н., Бочаров Е.Ф. Влияние вакцинации против бруцеллёза на хромосомный аппарат клеток костного мозга кроликов // Материалы XV Всесоюз. съезда эпидемиологов, микробиологов и инфекционистов: тез. докл., 29 сент. – 3 окт. 1970 г. – Тбилиси, 1970. – Ч. 2. – С. 359–360.
38. Михайлова Г.Р., Горшунова Л.П. Исследование хромосомного аппарата в клетках костного мозга мышей, иммунизированных вакциной против полиомиелита // Генетика. – 1969. – Т. 9, № 2. – С. 48–56.
39. Попова Г.Г., Иванов М.М., Тиняков Г.Г. Цитогенетическая реакция лимфоузлов и селезёнки при вакцинации против бруцеллёза // Цитология и генетика. – 1973. – Т. 7, № 5. – С. 468–470.
40. Баринский И.Ф., Дементьев И.В. Исследования поражения костного мозга мышей при некоторых энцефалотропных вирусных инфекциях // Общая вирусология. – 1967. – С. 145–156.

REFERENCES

- Chelnyntseva T.V., *NovaInfo.Ru*, 2016, No. 48, pp. 110–116: <https://novainfo.ru/res/t3ih19af7h.pdf> (October 25, 2022). (In Russ.)
- Kukhar E.V., *Vestnik nauki KATU im. S. Seifullina*, 2019, No. 3, pp. 172–184. (In Russ.)
- Khanis A.Yu, Gafurova, A.M., *Uspekhi meditsinskoi mikologii*, 2019, T. 20, pp. 699–705. (In Russ.)
- Grills C.E., Bryan P.L., O'Moore E., Venning V.A., *Microsporum canis: report of a primary school outbreak*, *The Australasian Journal of Dermatology*, 2007, Vol. 48, No. 2, pp. 88–90.
- Morrell J., Stratman E., Primary care and specialty care delays in diagnosing *Trichophyton verrucosum* infection related to cattle exposure, *Journal of Agromedicine*, 2011, Vol. 16, No. 4, pp. 244–250.
- Moriello K., Feline dermatophytosis: aspects pertinent to disease management in single and multiple cat situations, *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 2014, Vol. 16, No. 5, pp. 419–431.
- Nenoff P., Krüger C., Ginter-Hanselmayer G., Tietz H.-J., Mycology – an update. Part 1: Dermatomycoses: Causative agents, epidemiology and pathogenesis, *Journal of the German Society of Dermatology*, 2014, Vol. 12, No. 3, pp. 188–211.
- Panin A.N., Manoyan M.G., Ovchinnikov R.S., Savitskaya M.E., *Uspekhi meditsinskoi mikologii*, 2003, T. 2, pp. 118–119. (In Russ.)
- Medvedeva T.V., Chilina G.A., *Problemy meditsinskoi mikologii*, 2011, T. 13, No. 2, pp. 42–44. (In Russ.)
- Casadevall A., Kontoyiannis D.P., Robert V., On the emergence of *Candida auris*: climate change, azoles, swamps, and birds, *mBio*, Washington, D.C.: American Society for Microbiology, 2019, Vol. 10, No. 4: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1266/> (October 25, 2022).
- Peano A., Tizzani P., Gallo M.G., Molinar A.R., Dermatophytosis due to *Trichophyton verrucosum* in a chamois (*Rupicapra rupicapra*), *European Journal of Wildlife Research*, 2007, Vol. 54, No. 1, pp. 153–156.
- Aleshkevich V.N., Timofeeva Yu.A., Krasochko P.A., Vysotskii A.E., Kiturko P.A., *Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya i sanitariya*, 2008, No. 2, pp. 77–91. (In Russ.)
- Nichols W.W., Levan A., Aula P., Chromosome damage associated with the measles virus *in vitro*, *Hereditas*, 1965, Vol. 54, No. 1, pp. 101–106.
- Malyuta S.S., Aleksandrov A.F., Opolskii A.F., *Tsitologiya i genetika*, 1969, T. 3, No. 6, pp. 512–516. (In Russ.)
- Chaikovskaya T.L., Buzhievskaya T.I., Frolov A.K., Chudnaya L.M., *Tsitologiya i genetika*, 1981, T. 15, No. 3, pp. 59–63. (In Russ.)
- Frolov A.K., *Tsitologiya*, 1979, T. 21, No. 2, pp. 202–206. (In Russ.)
- Cherkeziya S.E., Mikhailova G.R., Gorshunova L.P., *Tsitologiya i genetika*, 1980, T. 14, No. 4, pp. 67–70. (In Russ.)
- Harnden D.S., Cytogenetic studies on patients with infections and subjects vaccinated against yellow fever, *American Journal of Human Genetics*, 1964, Vol. 16, No. 2, pp. 204–203.
- Frolov A.K., Chaikovskaya T.L., Frolov V.K., *Tsitologiya i genetika*, 1978, T. 12, No. 1, pp. 44–49. (In Russ.)
- Popova G.G., Ivanov M.M., Tinyakov G.G., *Tsitologiya i genetika*, 1973, T. 7, No. 5, pp. 468–470. (In Russ.)
- Semenov V.V., Koshpaeva E.S., *Kazanskii meditsinskii zhurnal*, 2008, T. 89, No. 6, pp. 815–820. (In Russ.)
- Il'inskikh N.N., *Tsitogeneticheskie posledstviya infektsii i vaksinatsii. Rol' virusov, bakterii, mikoplazm, prosteishikh i gel'mintov v patologicheskikh izmeneniyakh khromosomnogo apparata kletok* (Cytogenetic consequences of infections and vaccinations. The role of viruses, bacteria, mycoplasmas, protozoa and helminths in pathological changes in the chromosomal apparatus of cells), Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2012, 524 p.: <https://znanium.com/catalog/product/1080041> (October 25, 2022).
- Busol V.A., Kostenko S.A., Tonskaya T.G., Dragulyan M.V., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2011, T. 47, Issue 2, pp. 16–18. (In Russ.)

24. Loginov S.I., Dimov S.K., Khramtsov V.V., Kurenskaya N.I., *Vestnik NGAU*, 2013, No. 4 (29), pp. 81–84. (In Russ.)
25. Kulikova S.G., Loginov S.I., Nazarenko Yu.S., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Collection of the 4th National (All-Russian) Scientific Conference with International Participation, February 26, 2021, Novosibirsk: ITs NGAU “Zolotoi kolos”, 2021, pp. 908–912. (In Russ.)
26. Kulikova S.G., Loginov S.I., Nazarenko Yu.S., Kalinina N.S., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2021, T. 51, No. 3, pp. 92–103. (In Russ.)
27. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J., Battips D.M., Hungerford D.A., Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood, *Experimental Cell Research*, 1960, Vol. 20, No. 3, pp. 613–616.
28. Kulikova S.G., *Tsitogeneticheskii monitoring krupnogo rogatogo skota v raznykh ekologicheskikh zonakh Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana* (Cytogenetic monitoring of cattle in different ecological zones of Western Siberia and Northern Kazakhstan), Doctor's thesis, Novosibirsk, 1998, 294 p.
29. Kochneva M.L., *Monitoring populyatsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v raznykh ekologicheskikh usloviyakh* (Monitoring of farm animal populations in different environmental conditions), Doctor's thesis, Novosibirsk, 2005, 296 p.
30. Bochkov N.P., Chebotarev A.N., *Nasledstvennost' cheloveka i mutageny vneshnei sredy* (Human heredity and environmental mutagens), Moscow: Meditsina, 1989, 269 p.
31. Vasil'eva L.A., *Statisticheskie metody v biologii, meditsine i sel'skom khozyaistve* (Statistical methods in biology, medicine and agriculture), Novosibirsk: ITsG SO RAN, 2007, 127 pp.
32. Kulikova S.G., Petukhov V.L., Ernst L.K., *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 1998, No. 5, pp. 33–35. (In Russ.)
33. Kulikova S.G., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 3, pp. 584. (In Russ.)
34. Samsonov D.V., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3 (56), pp. 123–130. (In Russ.)
35. Kochneva M.L., Zhidenova A.N., Zhuchaev K.V., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 4 (37), pp. 82–86. (In Russ.)
36. Samsonov D.V., Kulikova S.G., Andreeva V.A., Aleksandrova D.A., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 3 (60), pp. 115–123, DOI:10.31677/2072 6724-2021-60-3-115–123. (In Russ.)
37. Koldaeva A.P., Il'inskikh N.N., Bocharov E.F., *Materialy XV Vsesoyuznogos'ezda epidemiologov, mikrobiologov i infektsionistov* (Proceedings of the 15th All-Union Congress of Epidemiologists, Microbiologists and Infectious Disease Specialists), Abstracts of Papers, September 29 – October 3, 1970, Tbilisi, 1970, P. 2, pp. 359–360. (In Russ.)
38. Mikhailova G.R., Gorshunova L.P., *Genetika*, 1969, T. 9, No. 2, pp. 48–56. (In Russ.)
39. Popova G.G., Ivanov M.M., Tinyakov G.G., *Tsitologiya i genetika*, 1973, T. 7, No. 5, pp. 468–470. (In Russ.)
40. Barinskii I.F., Dement'ev I.V., *Obshchaya virusologiya*, 1967, pp. 145–156. (In Russ.)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ КАДМИЯ В ОРГАНАХ И ЩЕТИНЕ СВИНЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ПОРОДЫ

А.В. Назаренко, старший научный сотрудник

О.А. Зайко, кандидат биологических наук, доцент

Т.В. Коновалова, старший научный сотрудник

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: andrey222110@mail.ru

Ключевые слова: аккумуляция, кадмий, токсичность, органы, щетина, кемеровская порода, свиньи, физиологическое состояние.

Реферат. Изучен средний уровень содержания и изменчивости кадмия в щетине, почках и селезенке свиней кемеровской породы. Исследования проведены на свинокомплексе в Кузбассе. Пробы органов у свиней были взяты непосредственно после убоя и проанализированы на базе аналитического центра коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (АЦКП ИГМ СО РАН) методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной и электротермической атомизацией на спектрометре SOLAAR M6 (США) согласно ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. Нормальным распределением характеризовался уровень кадмия в щетине ($W = 0,94$, $p > 0,05$) и почках ($W = 0,92$, $p > 0,05$). В зоне разведения кемеровской породы исследовано содержание тяжелых металлов в почве, воде и кормах, которое не превышало ПДК. Средние показатели по содержанию кадмия в почках и селезенке укладывались в стандартные интервалы, установленные для свиней. Уровень кадмия в селезенке и щетине характеризовался меньшим межквартильным размахом по отношению к почкам. Полученные данные по концентрации кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы могут быть использованы для прижизненной оценки интерьера животных.

REGULARITIES OF CADMIUM ACCUMULATION IN ORGANS AND BRISTLE OF KEMEROVO BREED PIGS

A.V. Nazarenko, Senior Researcher

О.А. Заико, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Т.В. Коновалова, Senior Researcher

О.С. Короткевич, Doctor of Biological Sciences, Professor

О.И. Себежко, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

В.Л. Петухов, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: andrey222110@mail.ru

Keywords: accumulation, cadmium, toxicity, organs, bristles, Kemerovo breed, pigs, physiological state.

Abstract. The results of the atomic absorption analysis of the elemental status of pigs of Kemerovo breed are presented. The studies were carried out in pig farm in Kuzbass. Organ samples from pigs were taken immediately after slaughter and analyzed at the Analytical Center for Collective Use of the Sobolev Institute of Geology and Mineralogy (ACCU Sobolev IGM SB RAS) by atomic absorption spectrometry with flame and electrothermal atomization using SOLAAR M6 spectrometer (USA) according to State Standard 26929-94 "Raw food and food products. Cadmium levels in bristles ($W=0.94$, $p > 0.05$) and kidneys ($W=0.92$, $p > 0.05$) were characterized by normal distribution. In the breeding zone of the Kemerovo breed, the content of heavy metals in soil, water and feed was studied, which did not exceed the MPC. The mean cadmium levels in the kidneys and spleen were within the standard intervals established for pigs. Cadmium levels in the spleen and bristle were characterized by a smaller interquartile range relative to the kidneys. The obtained data on the concentration of cadmium in the organs and bristles of pigs of the Kemerovo breed can be used for the intravital assessment of the interior of animals.

Импортозамещение ввозимой животноводческой продукции из недружественных России стран по политическим и экономическим причинам является одной из главных задач нашего государства для обеспечения внутреннего и внешнего суверенитета. В связи с этим фокус научного и агропромышленного сектора должен быть направлен и в сторону микроэлементного статуса животных для получения в дальнейшем экологически чистой и безопасной сельскохозяйственной продукции с целью обеспечения нации необходимыми продуктами питания [1].

В Западной Сибири ведутся комплексные исследования генофонда и фенофонда пород, выведенных в данном регионе и важных для сельского хозяйства [2–5]. Наряду с этим проводится мониторинг воды, почвы, кормов, растений на концентрацию тяжелых металлов в этих биосубстратах в качестве меры повышения эффективного производства продукции животноводства [6, 7].

Кадмий относится к токсичным химическим элементам, содержащимся в окружающей среде в виде различного рода соединений, часть из которых обладает особенной реактивностью и избирательным влиянием на органы и ткани, а также длительным периодом накопления и выведения из организма [8]. Промышленность и интенсификация сельскохозяйственного производства влияют на распространение загрязнения территорий, в частности кормовых культур и водных источников, находящихся на них, что в дальнейшем приводит к накоплению микроэлемента в мясных продуктах. Помимо этого, существуют естественные природные географические регионы, а также районы с фоновыми значениями кадмия в почве, превышающими аналогичные в других областях [9].

Большинство животных в постнатальный период имеют низкие концентрации микроэлемента в органах и тканях. С возрастом он аккумулируется в основном в печени и почках. Биологическая доступность, всасывание и токсичность тяжелого металла зависят от ряда факторов, таких как питание, сбалансированность рационов по макро- и микроэлементному составу, многоплодность, физиологическое состояние и отсутствие заболеваний. Следует отметить высокую способность кадмия проникать через клеточные мембранны и связываться с высокомолекулярными аффинными лигандами. Основной путь для попадания в организм – алиментарный [10]. Антагонизм микроэлементов между собой также существенно влияет на поглощение

и всасывание кадмия. Например, кадмий по отношению к цинку проявляет антагонистическое отношение, и при увеличении концентрации одного понижается уровень другого, и наоборот. Кроме того, данный микроэлемент сложно взаимосвязан с железом [11], статус которого в желудочно-кишечном тракте напрямую влияет на всасывание первого, поскольку оба имеют сходные пути абсорбции из кишечника [12, 13]. Сходными механизмами обусловлена и проницаемость кадмия через различные биомембранны, например, через кальциевые каналы [14]. В почках животных этот химический элемент способен индуцировать металлотионеин (МТ) аппарата Гольджи, который способен связывать тяжелые металлы с ярко выраженным ксенобиотическими свойствами [15]. При этом в кровяном русле и эритроцитах он находится в связанном состоянии с металлотионеином, образуя комплекс Cd–МТ, который фильтруется в почечных тельцах и реабсорбируется в проксимальных канальцах, где разрушается. Высокие концентрации кадмия при вы свобождении приводят к необратимому повреждению канальцевых клеток. Особенно выражен данный процесс при перегрузке микроэлементом. Высокий уровень кадмия приводит к нарушению белкового обмена, в связи с чем происходит потеря протеинов с мочой [16]. Скорость выведения химического элемента с мочой ниже, чем скорость поглощения и всасывания, что подчеркивает главную роль детоксикации ксенобиотика при избыточных концентрациях и говорит о целесообразности корректировки микроэлементного статуса животных наряду с общим наращиванием компенсаторных механизмов гомеостаза макро- и микроэлементного состава.

Цель работы – определить закономерности в накоплении кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованы щетина, почки и селезенка от 26 свиней кемеровской породы в возрасте 6–7 месяцев на свинокомплексе. Пробы органов были отобраны непосредственно после убоя животных.

В Кузбассе проводится постоянный мониторинг воды, почвы, кормов, органов и тканей сельскохозяйственных животных. Показано, что в районах, в которых разводились иссле-

дуемые породы, содержание макро- и микроэлементов не превышало ПДК [17].

Изучение элементного состава паренхиматозных органов проводилось на базе аалитического центра коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (АЦКП ИГМ СО РАН) методом атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной и электротермической атомизацией на спектрометре SOLAAR M6 (США) согласно ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов [18].

Для анализа брали навеску пробы массой 10 г, измельчали до монодисперсного состояния посредством механической автоматической мельницы IKA A11 basic (Германия) и помещали в кварцевую чашу. Затем чашу с получившейся субстанцией ставили в сушильный шкаф на 10 мин, температура которого доведена до 150 °С, для удаления избытка влаги. После этого мясную навеску пробы еще раз взвешивали и отбирали в кварцевую чашу 1 г. Ставили чашу в муфельную печь, разогретую до 250 °С. Для получения золы пробу обугливали в электропечи в течение 10–15 мин при температуре 450 °С. После этого пробу вынимали и охлаждали до комнатной температуры, затем растворяли содержимое в 1 мл HNO₃ марки ОСЧ. Впоследствии ставили пробу в сушильный шкаф при температуре 140 °С для выпаривания кислоты. Получившийся остаток переносили в мерную колбу на 50 мл, разбавляли 25 мл дистиллированной воды и затем проводили анализ.

При анализе исходных данных использовали описательную статистику. Все показатели проверялись на нормальность распределения при помощи метода Шапиро-Уилка (W). По каждому параметру вычисляли среднюю арифметическую (\bar{x}), ошибку средней ($\pm SE$), σ – среднее квадратическое отклонение, Q_1 и Q_3 – первый и третий квартили, IQR – межквартильный размах, lim – минимальное и макси-

мальное значение признака. Межквартильный размах (IQR) вычисляли как разность между третьим и первым квартилями.

Для ненормально распределенных признаков использовали метод, разработанный для небольших ($15 < n < 70$) выборок независимо от характера распределения [19]:

$$\bar{x} \approx \frac{a+2m+b}{4} + \frac{a-2m+b}{4n},$$

$$\sigma^2 \approx \frac{1}{n-1} \left(a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a+2m+b}{4} + \frac{a-2m+b}{4n} \right)^2 \right),$$

где n – величина выборки;

a – минимальное значение признака;

b – максимальное значение признака;

m – медиана;

\bar{x} – средняя арифметическая;

σ^2 – варианса.

Для оценки сходства паренхиматозных органов и щетины животных по содержанию кадмия строили кластерную дендрограмму.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартного программного обеспечения из пакета Microsoft office (Excel 2016) и среды R (RStudio 2022.12.0+353, PBC).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кадмий поступает в организм животных непосредственно из окружающей среды. Большая часть микроэлемента поглощается с водой, кормами и вдыхаемым воздухом. Токсический эффект тяжелого металла оказывает непосредственное влияние на ферментативные клеточные системы ввиду высокой степени канцерогенности, обусловленной тесным сродством к протеинам, нуклеиновым кислотам и ферментам. При этом поражаются в первую очередь биологические структуры, содержащие в своем составе серные группы – SH- [20–22].

В табл. 1 приведены средние значения содержания кадмия в органах и щетине свиней.

Таблица 1

Содержание кадмия в органах и щетине свиней, мг/кг
Content of cadmium levels in the organs and bristles of pigs, mg/kg

Органы, ткань	n	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	σ	Ме	Lim
Щетина	26	0,010±0,001	0,003	0,009	0,006–0,016
Почки	25	0,150±0,008	0,041	0,140	0,100–0,260
Селезенка	26	0,010±0,001	0,007	0,014	0,004–0,042

Нормальное распределение было выявлено для уровня кадмия в щетине ($W = 0,94$, $p > 0,05$) и почках ($W = 0,92$, $p > 0,05$). Ранжированность признака выглядела следующим образом: почки > селезенка > щетина в соотношении 15,50 : 1,55 : 1,00.

Следует отметить, что щетина является наиболее удобным и доступным биоматери-

алом, особенно если учитывать неприхотливость при сборе и транспортировке, который позволяет диагностировать уровень гомеостатического равновесия организма.

В табл. 2 приведена изменчивость уровня кадмия в органах и щетине свиней.

Таблица 2

Изменчивость уровня кадмия в органах и щетине свиней, мг/кг
Variability of cadmium levels in the organs and bristles of pigs, mg/kg

Органы, ткань	n	Q ₁	Q ₃	IQR	ПДК*
Щетина	26	0,008	0,013	0,005	—
Почки	25	0,13	0,173	0,043	1,0
Селезенка	26	0,01	0,015	0,005	0,3

*ПДК – предельно допустимая концентрация [23].

В селезенке наблюдалась наибольшая изменчивость тяжелого металла, в то время как в почках – минимальная. Полученные результаты не выходили за пределы установленных норм по уровню химического элемента в паренхиматозных органах. Согласно зарубежным источникам, допустимые уровни содержания кадмия в почках свиней аналогичны отечественным (1,0 мг/кг), но присутствует их градация: допустимая – 0,15–0,99, высокая – 2,0–30,0, хроническая токсичность – более 13 мг/кг [24].

У птиц отмечена тканевая цитотоксичность, вызванная дефицитом некоторых макро- и микроэлементов при поступлении кадмия в организм [25]. Низкие концентрации кальция в кормах способствуют быстрой абсорбции и распределению микроэлемента в тканях [26]. Ярко выраженный антагонизм тяжелого металла к цинку приводит к дефициту последнего в организме и увеличению уровня кадмия [27].

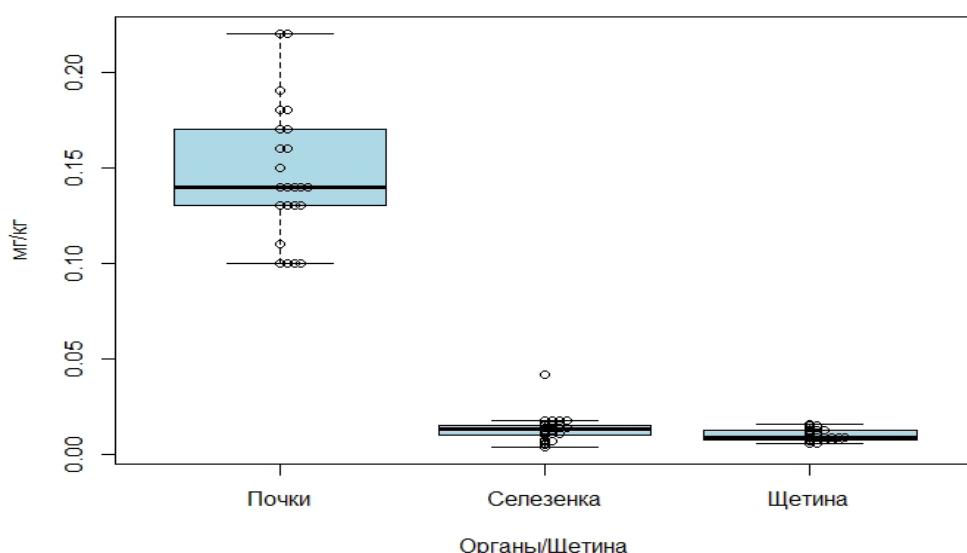


Рис. 1. График «ящик с усами» концентрации кадмия в щетине и паренхиматозных органах

Fig. 1. The «boxplot» graph of cadmium concentrations in bristle and parenchymatous organs

На рис. 1 графически отображены представленные в табл. 1 и 2 данные, откуда видно, что уровень кадмия в селезенке и щетине

характеризуется меньшим межквартильным размахом по отношению к почкам.

Выделено два кластера по аккумуляции кадмия в органах и щетине свиней (рис. 2).

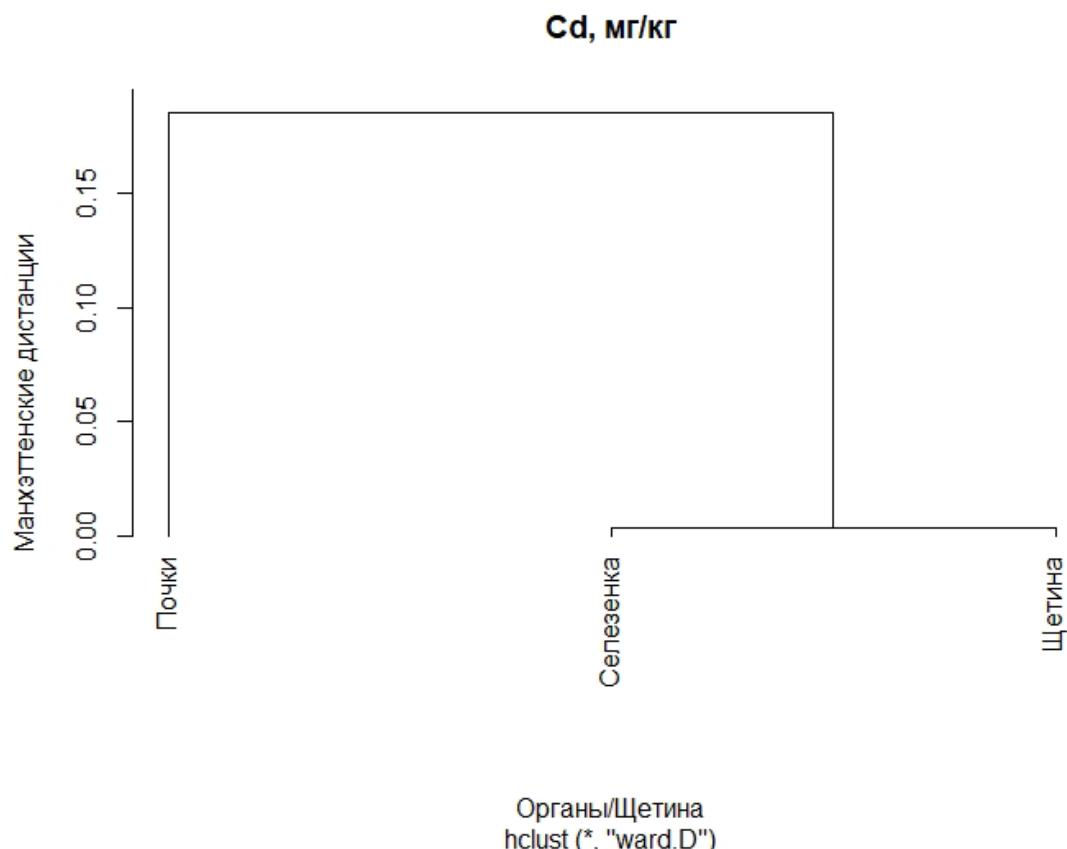


Рис. 2. Кластерная дендрограмма распределения уровня кадмия в щетине и паренхиматозных органах

Fig. 2. Cluster dendrogram of allocation of cadmium level in bristles and parenchymal organs

Первый кластер представляют щетина и селезенка, что может свидетельствовать о роли наследственности в накоплении и распределении тяжелого металла. Во второй кластер включены почки. На генетическую детерминацию тяжелых металлов указывают межвидовые различия [27].

Полученные данные свидетельствуют о роли наследственности содержания кадмия в паренхиматозных органах и щетине. Подобная закономерность подтверждается результатами других исследований [28, 29]. Например, по данным О.А. Зайко, генофонд скороспелой мясной породы (СМ-1) влиял на уровень кадмия в щетине, других органах и мышечной ткани.

Таким образом, детерминация устойчивости или восприимчивости к аккумуляции тяжелых металлов в органах, тканях и щетине животных подтверждается межпородными, межлинейными различиями, влиянием гено-

типа производителей [30]. Показана возможность прижизненного определения у свиней уровня кадмия в мышцах, печени и легких. В качестве маркера депонирования кадмия в мышечной ткани, сердце и почках возможно использовать концентрацию марганца в копытном роге [31]. У крупного рогатого скота по концентрации марганца в волосе прижизненно устанавливают содержание кадмия в печени [32]. У того же вида животных маркером содержания кадмия в мышцах служит концентрация цинка и рубидия в сыворотке крови [33]. Уровень кадмия в легких у крупного рогатого скота определяют по концентрации железа и теллура в волосе [34].

Особенно важно использовать приведенные выше маркеры для определения содержания кадмия и корректировки его уровня в зонах антропогенного загрязнения этим металлом. Известно, что кадмиеевая интоксикация вызывает поражение центральной нервной

и сердечно-сосудистой систем, гипертонию, почечную недостаточность, снижает воспроизводительную способность животных и обуславливает другие нарушения [35]. Для производства экологически безопасной продукции важен поиск прижизненных неинвазивных или малоинвазивных маркеров накопления кадмия в органах и тканях, что позволит при необходимости корректировать рационы.

ВЫВОДЫ

1. Установлены средние концентрации кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы, которые были ранжированы следующим образом: почки > селезенка > щетина в соотношении 15,50 : 1,55 : 1,00.

2. Показано, что уровень микроэлемента в паренхиматозных органах не превышал референсных значений. Полученные данные могут быть приняты в качестве физиологической нормы для свиней, разводимых в Западной Сибири.

3. Выявлены фенотипические дистанции между паренхиматозными органами и щетиной по содержанию кадмия. При группировке были выделены два кластера, из которых в первый входили селезенка и щетина, во второй – почки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Башлакова О.И.* Проблемы экологической безопасности России // Вестник МГИМО университета. – 2015. – № 3 (42). – С. 112–121.
2. *Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней* / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2012. – 579 с.
3. *Selective constraints in cold-region wild boars may defuse the effects of small effective population size on molecular evolution of mitogenomes* / J. Chen, P. Ni, T.N. Thi Tran, E.V. Kamaldinov [et al.] // Ecology and Evolution. – 2018. – Vol. 8, N 16. – P. 8102–8114.
4. *Патент № 2004113866/13 РФ. Способ сохранения редких и исчезающих пород животных* / Петухов В.Л., Эрнст Л.К., Желтиков А.И. [и др.]. – № 2270562. 2004: заявл. 05.05.2004: опубл. 27.02.2006. – 8 с.
5. *Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia* / O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food. – ISAF, 2017. – P. 100.
6. *Проблемы сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
7. *Галатова Е.А.* Особенности накопления и распределения тяжелых металлов в системе вода – донные отложения – гидробионты (на примере реки Уй): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2007. – 19 с.
8. *Patrick L. Toxic metals and antioxidants: part II, the role of antioxidants in arsenic and cadmium toxicity* // Altern. Med. Rev. – 2003. – N 8. – P. 106–128.
9. *More Essential elements and heavy metal concentrations in a small area of the Castlecomer Plateau Co. Kilkenny, Ireland: implications for animal performance* / M.J. Canty [et al.] // Ir. J. Agric. Food Res. – 2011. – N 50. – P. 223–238.
10. *The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants* / J.M. Wilkinson, J. Hill, C.J.C. Phillips // Proc. Nutr. Soc. – 2003. – N 62. – P. 267–277.
11. *Correlation of the iron level in the bristles of kemerovo pigs with macro- and essential micro-elements* / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, O.S. Korotkevich [et al.] // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference. – 2021. – P. 06032.
12. *Impact of iron status on cadmium uptake in suckling piglets* / H. Öhrvik [et al.] // Toxicology. – 2007. – N 240. – P. 15–24.
13. *Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia)* / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, Y.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44, N 2. – P. 217–220.
14. *Cadmium toxicity in animal cells by interference with essential metals* / E. Martelli [et al.] // Biochimie. – 2006. – N 88. – P. 1807–1814.

15. *Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (*Bos taurus*) and the risks for human consumption* / S. Roggeman [et al.] // *Sci. Total Environ.* – 2014. – N 466–467. – P. 175–184.
16. *Ja R. Berrocoso J.D. Review: the use of dietary fiber and its impact on the physiological functions and intestinal health of pigs* // *Animal.* – 2015. – N 9. – P. 1441–1452.
17. *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.
18. ГОСТ 26929-94 Сырые и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов: Введ. 1996-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 9 с.
19. *Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample* / S.P. Hozo, B. Djulbegovic, I. Hozo // *BMC Medical Research Methodology.* – 2005. – Vol. 5 (1). – P. 13.
20. *A review on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques* / C. Li, K. Zhou, W. Qin // *Soil and Sediment Contamination: an International Journal.* – 2019. – Vol. 28. – P. 380–394.
21. *Global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population* / S. Satarug, J.R. Baker, S. Urbenjapol [et al.] // *Toxicol. Lett.* – 2003. – Vol. 137. – P. 65–83.
22. *Waalkes M.P. Cadmium carcinogenesis in review* // *J. Inorg. Biochem.* – 2000. – Vol. 79. – P. 241–244.
23. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М.: ФГУП «Интерсен», 2002. – 168 с.
24. *Puls R. Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data* // *Sherpa International.* – 1994. – Vol. 2. – P. 356.
25. *Effects of nutritional factors on metabolism of dietary cadmium at levels similar to those of man* / M.R. Fox [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 1979. – Vol. 28. – P. 107–114.
26. *Effects of zinc, iron and copper deficiencies on cadmium in tissues of Japanese quail*. Environ / M.R. Fox [et al.] // *Health Perspect.* – 1984. – Vol. 54. – P. 57–65.
27. *The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism* / M.M. Brzoska, J. Moniuszko-Jakoniuk // *Arch. Toxicol.* – 1998. – Vol. 72. – P. 63–73.
28. *Назаренко А.В. Содержание и изменчивость кадмия в щетине свиней разных пород* // Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Горно-Алтайского гос. ун-та, 2019. – С. 386–391.
29. *Аккумуляция кадмия и свинца в производных коже кемеровской породы свиней* / А.В. Назаренко, О.И. Себежко, Ю.В. Волков [и др.] // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 419–422.
30. *Зайко О.А. Изменчивость и корреляции химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук.* – Новосибирск, 2014. – 182 с.
31. *Патент № G01N33/50 РФ. Способ определения содержания кадмия в органах и мышечной ткани свиней* / Петухов В.Л., Желтикова О.А., Желтиков А.И. [и др.]. – № 2342659. 2008; заявл. 28.03.2007; опубл. 27.12.2008. – 7 с.
32. *Патент № G01N33/48 РФ. Способ определения содержания кадмия в печени крупного рогатого скота* / Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.]. – № 2591825. 2016; заявл. 29.04.2015; опубл. 20.07.2016. – 5 с.
33. *Патент № G01N33/48 РФ. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота* / Петухов В.Л., Короткевич О.С., Желтиков А.И. [и др.]. – № 2426119. 2011; заявл. 24.03.2010; опубл. 10.08.2011. – 7 с.
34. *Патент № G01N33/48 РФ. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота* / Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.]. – № 2426119. 2015; заявл. 25.03.2014; опубл. 20.04.2015. – 6 с.
35. *Фокина В.Д., Покровская С.Ф. Влияние загрязнения окружающей среды на сельскохозяйственных и диких животных.* – Л.: Наука, 1982. – 191 с.

REFERENCES

1. Bashlakova O.I., *Vestnik MGIMO universiteta*, 2015, No. 3(42), pp. 112–121. (In Russ.)
2. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Fridcher A.A., *Genofond i fenofond sibirskoj severnoj porody i cherno-pestroj porodnoj gruppy svinej* (Gene pool and pheno pool of the Siberian northern breed and the black-and-white breed group of pigs), Novosibirsk, Prometei, 2012, 579 p.
3. Chen J., Ni P., Thi Tran T.N., Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Han J., Liu X., Šprem N., Zhao S., *Ecology and evolution*, 2018, Vol. 8, No. 16, pp. 8102–8114.
4. Patent № 2004113866/13 RF. *Sposob sokhraneniya redkikh i ischezayushchikh porod zhivotnykh*, № 2270562, 2004, zayavl. 05.05.2004, opubl. 27.02.2006 / Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Gart V.V., Zheltikova O.A., Petukhov I.V., Gart E.V., Marenkov V.G., Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Chysyma R.B. 8 s. (In Russ.)
5. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Biryulya I.K., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V., *Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food*, ISAF, 2017, P. 100.
6. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dementiev V.N., Kochnev N.N., Marenkov V. G., Kochneva M.L., Nezavitin A.G., Smirnov P.N., Kondratov A.F., Zheltikov A.I., Bekenev V.A., Nozdrin G.A., *Problemy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Farm Animal Problems), Novosibirsk: Nauka. Sib. predprijatie RAN, 1997, 283 p.
7. Galatova E.A., *Osobennosti nakoplenija i raspredelenija tiazhelyh metallov v sisteme voda – donnye otlozhenija – gidrobionty (na primere reki Uj)* (Features of the accumulation and distribution of heavy metals in the system water - bottom sediments - hydrobionts (on the example of the Uj River)), Extended abstract of candidates thesis, Ekaterinburg, 2007, 19 p.
8. Patrick L., Toxic metals and antioxidants: part II, the role of antioxidants in arsenic and cadmium toxicity, *Alternative Medicine Reviews*, 2003, No. 8, pp. 106–128.
9. Carty M.J., McCormack S., Lane E.A., Collins D.M., More S.J., More Essential elements and heavy metal concentrations in a small area of the Castlecomer Plateau Co. Kilkenny, Ireland: implications for animal performance, *Irish Journal of Agricultural Food Research*, 2011, No. 50, pp. 223–238.
10. Wilkinson J.M., Hill J., Phillips C.J.C., The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants, *Procedure Nutrition Society*, 2003, No. 62, pp. 267–277.
11. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Osintseva L.A., Correlation of the iron level in the bristles of kemerovo pigs with macro- and essential microelements, *International Scientific and Practical Conference*, 2021, P. 06032.
12. Ohrvik H., Oskarsson A., Lundh T., Skerfving S., Tallkvist J., Impact of iron status on cadmium uptake in suckling piglets, *Toxicology*, 2007, No. 240, pp. 15–24.
13. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyayev Y.I., Shishin N.I., Syso A.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V., Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44, No. 2, pp. 217–220.
14. Martelli A., Rousselet E., Dycke C., Bouron A., Moulis J.M., Cadmium toxicity in animal cells by interference with essential metals, *Biochimie*, 2006, No. 88, pp. 1807–1814.
15. Roggeman S., de Boeck G., De Cock H., Blust R., Bervoets L., *Accumulation and detoxification of metals and arsenic in tissues of cattle (*Bos taurus*) and the risks for human consumption*, *Science Total Environment*, 2014, No. 466–467, pp. 175–184.
16. Ja R. Berrocoso J.D., Review: the use of dietary fiber and its impact on the physiological functions and intestinal health of pigs, *Animal*, 2015, No. 9, pp. 1441–1452.
17. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sokolov V.A., 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, No. 4, pp. 368–374.

18. GOST 26929-94, *Syrye i produkty pishhevye. Podgotovka prob. Mineralizacija dlja opredelenija soderzhanija toksichnyh jelementov* (Raw and food products. Sample preparation. Mineralization to determine the content of toxic elements), Moscow: Izdatel'stvo standartov, 2002, 9 s. (In Russ.)
19. Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I., Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample *BMC, Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5 (1), P. 13.
20. Li C., Zhou K., Qin W., A review on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques, *Soil and Sediment Contamination: an International Journal*, 2019, Vol. 28, pp. 380–394.
21. Satarug S., Baker J.R., Urbenjapol S., Haswell-Elkins M., Reilly P.E., Williams D.J., Moore M.R., Global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population, *Toxicology Letters*, 2003, Vol. 137, pp. 65–83.
22. Waalkes M.P., Cadmium carcinogenesis in review, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 2000, Vol. 79, pp. 241–244.
23. Sanpin 2.3.2.1078-01, *Gigiyenicheskiye trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov* (Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products), FGUP 'Intersen', 2002, 168 p. (In Russ.)
24. Puls R., Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data, *Sherpa International*, 1994, Vol. 2, pp. 356.
25. Fox M.R., Jacobs R.M., Jones A.O., Fry B.E., Effects of nutritional factors on metabolism of dietary cadmium at levels similar to those of man, *Environment Health Perspective*, 1979, Vol. 28, pp. 107–114.
26. Spivey Fox M.R., Tao Shyy-Hwa, Stone C.L., Fry B.E., Effects of zinc, iron and copper deficiencies on cadmium in tissues of Japanese quail. Environ, *Health Perspective*, 1984, Vol. 54, pp. 57–65.
27. Brzoska M.M., Moniuszko-Jakoniuk J., The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism, *Archive Toxicology*, 1998, Vol. 72, pp. 63–73.
28. Nazarenko A.V., *Materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashch. 70-letiju Gorno-Altajskogo gos. un-ta*, 2019, pp. 386–391. (In Russ.)
29. Nazarenko A.V., Sebezhko O.I., Volkov Yu.V., Korotkevich O.S., Fikhman E.V., Mazurina E.P., *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii* (Agrarian science - agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2017, pp. 419–422. (In Russ.)
30. Zaiko O.A., *Izmenchivost'i korrelyatsii khimicheskikh elementov v organakh i tkanyakh sviney skorospeloy myasnoy porody SM-1* (Variability and correlations of chemical elements in the organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidates thesis, Novosibirsk, 2014, 182 s.
31. Petuhov V.L., Zheltikova O.A., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I., Patent № G01N33/50 RF, *Sposob opredelenija soderzhanija kadmija v organah i myshechnoj tkani svinej*: № 2342659. 2008: zajavl. 28.03.2007: opubl. 27.12.2008, 7 p. (In Russ.)
32. Korotkevich O.S., Narozhnyh K.N., Konovalova T.V., Petuhov V.L., Sebezhko O.I., Soloshenko V.A., Birjulja I.K., Zaiko O.A., Patent № G01N33/48 RF. *Sposob opredelenija soderzhanija kadmija v pecheni krupnogo rogatogo skota*: № 2591825. 2016: zajavl. 29.04.2015: opubl. 20.07.2016, 5 p. (In Russ.)
33. Petuhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petuhova T.V., Patent № G01N33/48 RF. *Sposob opredelenija soderzhanija kadmija v myshechnoj tkani krupnogo rogatogo skota*: № 2426119. 2011: zajavl. 24.03.2010: opubl. 10.08.2011, 7 p. (In Russ.)
34. Korotkevich O.S., Narozhnyh K.N., Konovalova T.V., Petuhov V.L., Sebezhko O.I., Zaiko O.A., Kupcov A.V., Grevcov D.S., Miller I.S., Strizhkovaa M.V., Patent № G01N33/48 RF. *Sposob ocenki kadmija v pecheni i legkikh krupnogo rogatogo skota*: № 2426119. 2015: zajavl. 25.03.2014: opubl. 20.04.2015, 6 p. (In Russ.)

35. Fokina V.D., Pokrovskaja S.F., *Vliyanije zagryazneniya okruzhayushchey sredy na sel'skokhozyaystvennykh i dikikh zhivotnykh* (Impact of environmental pollution on farm and wild animals), Nauka, 1982, 191 p.

ВЛИЯНИЕ ПАРАТИПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ ЦИНКА В ЛЕГКИХ БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К.Н. Нарожных, кандидат биологических наук

А.Н. Солованова, магистр

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: nkn.88@mail.ru

Ключевые слова: цинк, тяжелые металлы, легкие, герефордская порода, крупный рогатый скот.

Реферат. Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание цинка в легких бычков герефордской породы и рассчитать референсные интервалы для этого металла в данном органе. Для анализа отбирали навеску лёгких массой 100 г от клинически здоровых бычков герефордской породы в Маслянинском, Новосибирском и Краснозёрском районах Новосибирской области и Целинном районе Алтайского края. Определение химического состава тканей лёгких проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией. Гомоседастичность дисперсий в группах оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Оценку влияния фактора проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Множественные межгрупповые сравнения осуществляли с применением теста Данна и поправкой Холма. Максимальный уровень цинка обнаружен у животных, разводимых в Маслянинском районе (26,6 мг/кг), минимальный – в Краснозёрском (13,8 мг/кг). Для скота из Маслянинского района характерна более высокая фенотипическая изменчивость содержания цинка в легких, чем в других районах. В целом изменчивость изученного металла в легких бычков находится на относительно низком уровне. Групповые дисперсии по уровню цинка в легких крупного рогатого скота гомоседастичны ($\chi^2=2,27$; $P=0,518$). Установлено влияние эколого-географического фактора на уровень цинка в легких герефордского скота ($H=12,158$; $P=0,007$). У бычков из Краснозёрского района концентрация цинка в легких статистически значимо ниже, чем у животных из Маслянинского района ($Z=-2,96$; $P=0,009$). Между животными из других районов не выявлено статистически значимых различий по уровню цинка в тканях легких. Референсный диапазон по содержанию цинка в легких герефордского скота, разводимого в условиях Западной Сибири, составляет 12,44–24,12 мг/кг с доверительными 90%-ми границами для нижнего интервала 10,15–13,66, верхнего – 22,73–26,49 мг/кг.

INFLUENCE OF PARATYPIC FACTORS ON THE LEVEL OF ZINC IN THE LUNGS OF THE HEREFORD BREED

K.N. Narozhnykh, PhD in Biological sciences

A.N. Silovanova, Master's Student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: nkn.88@mail.ru

Keywords: zinc, heavy metals, lungs, Hereford breed, cattle.

Abstract. The study aims to evaluate the influence of the ecological and geographical factors on the zinc content of light Hereford bulls and calculate the reference intervals for this metal. Lung samples weighing 100 g were taken from clinically healthy bulls of the Hereford breed in the Maslyaninsky, Novosibirsk and Krasnozersky districts of the Novosibirsk region and the Tselinny district of the Altai Territory. The chemical composition of lung tissues was determined by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. The homoscedasticity of dispersions in groups was assessed using the Fligner-Keelin test. The influence of the factor was determined using the Kruskal-Wallis test. Multiple intergroup comparisons were made using Dunn's test and Holm's correction. The maximum zinc level was found in animals bred in the Maslyaninsky district (26.6 mg/kg) and the minimum – in Krasnozersky (13.8 mg/kg). Cattle from the Maslyaninsky district are characterized by higher phenotypic variability in zinc content in the lungs than in other areas. Generally, the variability of the studied metal in the lungs of gobies is relatively low. Group variances in the zinc level in cattle lungs are homoscedastic ($\chi^2=2.27$; $P=0.518$). The influence of the ecological and geographical factors on the zinc level in Hereford cattle's lungs was established ($H=12.158$; $P=0.007$). The concentration of metal in the lungs of bulls

from the Krasnozersky district is statistically significantly different from cattle from Maslyaninsky ($Z = -2.96$; $P = 0.009$). There were no statistically significant differences in Zn concentration in lung tissues between animals from other regions. Reference intervals for the content of zinc in the lungs of Hereford cattle in the conditions of the south of Western Siberia are 12.44-24.12 mg/kg, with 90% confidence intervals for the lower limit of 10.15-13.66 mg/kg and the upper limit of 22.73-26.49 mg/kg.

Для получения экологически безопасной продукции животноводства необходимо проводить перманентный мониторинг содержания тяжелых металлов в экосистеме с целью коррекции их накопления в организме животных [1-5]. Поскольку цинк в основном поступает в организм животных вместе с кормом, необходимо контролировать его минеральный состав, который зависит от качества сырья, минерального состава почвы, pH, климатических условий, внесения удобрений и проч. [6]. Сбалансированный по минеральному составу рацион обеспечивает стабильный рост продуктивности и устойчивость к воздействию патогенов [7]. Недостаточное потребление цинка у бычков приводит к задержке полового созревания и роста, анемии, снижению резистентности организма [8], повышенное же его содержание запускает механизм апоптоза церебрального и лёгочного эндотелия и создает условия для окислительного стресса вследствие выработки реактивных форм кислорода [9].

В исследованиях по элементологии обычно изучается уровень металлов в волосе [10-13] и реже в крови, мышцах, печени и почках [14-18]. Поэтому изучение элементного состава и определение референсных интервалов уровня цинка в легких герефордского скота позволит в дальнейшем использовать эти данные в области экологии, ветеринарии и животноводства. Можно также рассматривать полученные референсные диапазоны в качестве физиологической нормы [19, 20].

Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание цинка в легких бычков герефордской породы и рассчитать референсные интервалы для этого металла в данном органе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы тканей легких были взяты от бычков 16–18-месячного возраста герефордской породы. Отбор проб осуществлялся сразу после забоя, затем они были заморожены и

хранились при температуре -24°C до момента анализа. Животных выращивали в четырех районах: Новосибирском, Краснозерском, Маслянинском Новосибирской области и Целинном Алтайского края. Клинически все животные на момент убоя были здоровы. Определение химического состава тканей лёгких проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии в соответствии с Методическими указаниями (МУК 4.1.991-2000) и ГОСТ 26929-94 и 30178-96.

Были рассчитаны робастные показатели описательной статистики: минимальное и максимальное значение признака (Min, Max), первый и третий квартили (Q_1 , Q_3), медиана (Me) и межквартильный размах (IQR). Гомоскедастичность дисперсий в группах оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Выявление влияния фактора проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Множественные межгрупповые сравнения осуществляли с применением теста Данна и поправкой Холма. Референсные интервалы рассчитывали на основе рекомендаций экспертов Института клинических и лабораторных стандартов [21] и ГОСТ Р 53022.3-2008. Статистический анализ и визуализацию исходных данных проводили с использованием языка статистического программирования R и среды анализа RStudio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по содержанию цинка в легких бычков герефордской породы по районам представлены в табл. 1. Максимальное содержание цинка в лёгких зафиксировано у животных из Маслянинского района, минимальное – из Краснозёрского. Наибольшей фенотипической изменчивостью обладают животные из Маслянинского района (рисунок). Напротив, в Новосибирском районе наблюдалась наименьшая вариабельность. Об этом свидетельствует минимальный показатель межквартильного размаха.

Таблица 1

Содержание цинка в лёгких бычков герефордской породы, мг/кг
Zinc content in lungs of Hereford steers, mg/kg

Район	n	Ме	Min	Max	Q ₁	Q ₃	IQR
Краснозерский	4	15,2	13,8	18,4	14,4	17,1	2,68
Маслянинский	17	19,8	16,2	26,6	17,8	21,2	3,41
Новосибирский	6	16,4	15,5	19,2	16	18,2	2,23
Целинный	4	17,6	16,1	21,3	16,6	19,8	3,24

Примечание. n – объем совокупности; Ме – медиана; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; Q₁ – первый квартиль; Q₃ – третий квартиль; IQR – межквартильный размах.

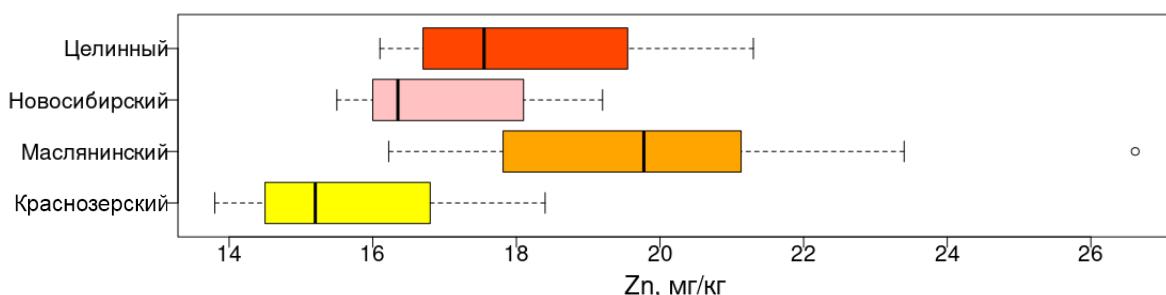


Диаграмма размаха уровня цинка в легких герефордского скота
Diagram of the range of zinc levels in the lungs of Hereford cattle

У скота из Марокко уровень цинка в легких был ниже примерно в 2 раза по сравнению с нашими данными [22]. Это может быть связано с различием в паратипических факторах, например, с полноценностью рационов или условиями содержания. У животных чернопестрой породы уровень цинка в легких был примерно на том же уровне, что и в нашем исследовании [23]. Возможно, влияние среды

более существенно для концентрации металла в легких, чем генетические факторы.

Несмотря на гомоскедастичность дисперсий, из-за малого количества наблюдений в группах оценка влияния фактора проводилась с помощью критерия Краскела-Уоллиса. В результате установлено, что на уровень цинка в легких оказывает влияние экологический фактор (табл. 2).

Таблица 2

Оценка гомогенности дисперсий и влияния фактора районирования на уровень цинка в лёгких герефордского скота

Assessment of homogeneity of variance and the effect of the zoning factor on zinc levels in lungs of Hereford cattle

Критерий	df	Значение критерия	p
Флигнера-Кирилла	3	2,270	0,518
Краскела-Уоллиса	3	12,158	0,007

При апостериорном анализе осуществлялось попарное сравнение районов по уровню цинка в легких животных. Значимые различия выявлены только между скотом, разводимым в Маслянинском и Краснозёрском районах (табл. 3). Такие большие различия между районами могут быть связаны с условиями среды. Так, в зависимости от типа почв и их химического состава изменяется количество

цинка в кормах и соответственно в органах и тканях животных. В выбранных районах Новосибирской области преобладают аллювиальные (30–40 мг/кг), серые-лесные почвы (28–65 мг/кг), чернозёмы (24–90 мг/кг), а в Алтайском крае – засоленные почвы (11–79 мг/кг) [24] с различным содержанием цинка.

Таблица 3

Попарное множественное сравнение районов по содержанию цинка в лёгких герефордского скота*
Pairwise multiple comparisons of districts by zinc content in lungs of Hereford cattle

Район	Краснозерский	Маслянинский	Новосибирский
Маслянинский	0,009		
Новосибирский	0,226	0,037	
Целинный	0,300	0,388	0,410

*Указаны значения ошибок первого рода с учётом поправки Холма.

Имеется корреляция между уровнем цинка в тканях животных и его содержанием в растениях и почве [25]. Данная особенность характерна для территорий с низким содержанием цинка, что только усиливает необходимость контроля содержания тяжёлых металлов в различных районах [26].

Так как в Маслянинском, Новосибирском и Целинном районах уровень цинка значимо

не различался, можно объединить животных из этих районов в одну группу с целью расчета значений референсных интервалов (табл. 4). Эти данные можно использовать как среднепопуляционные значения, характерные для герефордского скота, разводимого в условиях южной части Западной Сибири.

Таблица 4

Референсные интервалы уровня цинка в легких (мг, кг) с 90%-ми доверительными интервалами (ДИ), мг/кг
Reference intervals for lung zinc levels (mg, kg) with 90% confidence intervals (CI), mg/kg

Показатель	Референсный интервал	Нижний предел 90%-го ДИ	Верхний предел 90%-го ДИ
Минимум	12,44	10,15	22,73
Максимум	24,12	13,66	26,49

В перспективе необходимо установить референсные интервалы для других микроэлементов не только в легких, но в других органах и тканях животных, что впоследствии позволит оценить изменения концентрации и соотношения химических элементов в органах и тканях скота при различных патологических процессах и заболеваниях. Результаты исследования могут служить основой для описания элементного профиля герефордского скота.

в Краснозёрском районе, а максимальный – в Маслянинском.

2. Для бычков из Новосибирского района характерна низкая фенотипическая изменчивость содержания цинка в легких.

3. Эколого-географический фактор оказывает влияние на содержание цинка в лёгких.

4. Установлены референсные интервалы по уровню цинка в легких бычков герефордской породы, разводимых в условиях южной части Западной Сибири.

ВЫВОДЫ

1. Минимальный уровень цинка в легких герефордского скота зафиксирован

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-00003, <https://rscf.ru/project/22-76-00003/>.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефанова Ю.В., Нарожных К.Н., Короткевич О.С. Содержание цинка в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы // Главный зоотехник. – 2012. – № 11. – С. 30–33.
2. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в лёгких бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1447.

3. *Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicator in laying hens* / V.L. Petukhov, I.A. Afonina, O.I. Sebezhko [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 46 (4). – P. 901–906.
4. *Interspecies differences in Zn content in liver of animal of the Siberian region* / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, Y.I. Fedyayev [et al.] // 33. Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK and Zinc-Net COST Training School. Zinc and other Transition Metals in Health. – German. – 2017. – P. 40.
5. *Патент на изобретение RU 2548774 C1. Способы оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота* / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2014111570/15 от 25.03.2014.; Опубл. 20.04.2015.
6. *Khan Z.I. A comparative study on mineral status of blood of small ruminants and pastures in Punjab, Pakista* // Pakistan J Bot. – 2008. – Vol. 40. – P. 1143–1151.
7. *Rabiee A.R. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis.* // J Dairy Sci. – 2010. – Vol. 93. – P. 4239–4251.
8. *Noaman V. Assessment of some serum trace elements in Holstein dairy cattle on industrial farms of Istafan Province, Iran* // World Appl Sci J. – 2013. – Vol. 21. – P. 1158–1161.
9. *Thambiyaya K. Functional Role of Intracellular Labile Zinc in Pulmonary Endothelium* // Pulm. Circ. – 2012. – Vol. 2 (4). – P. 443–451.
10. *The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed* / S.A. Miroshnikov, A.V. Skalny, O.A. Zavyalov [et al.] // Biological Trace Elements Research. – 2020. – Vol. 194 (1). – P. 145–151.
11. *Assessment of gender effects and reference values of mane hair trace element content in english thoroughbred horses (North Caucasus, Russia) using ICP-DRC-MS* / V.V. Kalashnikov, A.M. Zajcev, M.M. Atroshchenko [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2019. – Vol. 191(2). – P. 382–388.
12. *Референсные интервалы концентраций химических элементов в шерсти молочных коров* / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102, № 3. – С. 33–45.
13. *Оценка элементного статуса организма мясных коров различного физиологического состояния* / А.Н. Фролов, О. А. Завьялов, А.В. Харламов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 1. – С. 44–49.
14. *Some toxic elements in liver, kidney and meat from calves slaughtered in Asturias (Northern Spain)* / M. Miranda, M. López-Alonso, C. Castillo [et al.] // Eur. Food Res. Technol. – 2003. – Vol. 216. – P. 284–289.
15. *Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain* / M. Miranda, M. López-Alonso, C. Castillo [et al.] // Environ. Int. – 2005. – Vol. 31. – P. 543–548.
16. *Korenkova B., Skalicka M., Nad P. Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry* // Veterinarski arhiv. – 2002. – Vol. 72(5). – P. 259–267.
17. *Rahimi E., Rokni N. Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using grafite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS): A preliminary study* // Iranian Journal of Veterinary Research. – 2008. – N 9. – P. 174–177.
18. *Detection of cadmium (Cd) residue in kidney and liver of slaughtered cattle in Sokoto central abattoir, Sokoto state, Nigeria* / A. Bala, M.A. Saulawa, A.U. Junaidu [et al.] // J. Vet. Adv. – 2012. – Vol. 2 (4). – P. 168–172.
19. *Мирошников С.А., Болодурина И.П., Арапова О.С. Закономерности формирования элементного состава биосубстратов человека и животных как основа технологии оценки и коррекции элементозов* // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2014. – № 4. – С. 1.
20. *Мирошников С.А., Лебедев С.В. Диапазон концентраций (референсные значения) химических элементов в теле животных* // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6 (112). – С. 241–243.

21. Gary L. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory, 3th ed.; CLSI Document C28-A3c. Approved guideline – Wayne, Pa, USA: CLSI. – 2010. – P. 59.
22. Distribution of trace elements and heavy metals in liver, lung, meat, heart and kidney of cattle, sheep, camel and equine slaughtered in Casablanca City-Morocco / C. Abdelbasset, E. Rabia, B. Abdallah [et al.] // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2014. – Vol. 5, N 2. – P. 294–303.
23. Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 2458–2464.
24. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород / М-во сел. хоз-ва РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Перм. ГСХА, 2009. – 132 с.
25. Makridis C. Transfer of Heavy Metal Contaminants from Animal Feed to Animal Products // J. Agr. Sci. Tech. – 2012. – Vol. 2(A). – P. 149–154.
26. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. – Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2003. – 136 с.

REFERENCES

1. Efanova Yu.V., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., *Glavnyi zootekhnik*, 2012, No. 11, pp. 30–33. (In Russ.)
2. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. [et al.], *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, pp. 1447. (In Russ.)
3. Petukhov V.L., Afonina I.A., Sebezhko O.I. [et al.], Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicator in laying hens, *Indian Journal of Ecology*, 2019, Vol. 46, No. 4, pp. 901–906.
4. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Fedyaev Y.I. [et al.], Interspecies differences in Zn content in liver of animal of the Siberian region, 33. *Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK and Zinc-Net COST Training School. Zinc and other Transition Metals in Health*, German, 2017, p. 40. (In Russ.)
5. Korotkevich O.S. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [et al.], *Patent na izobretenie RU 2548774 C1, Sposoby otsenki kadmiya v pecheni i legkikh krupnogo rogatogo skota*, Zayavka № 2014111570/15 от 25.03.2014; Opubl. 20.04.2015. (In Russ.)
6. Khan Z.I., A comparative study on mineral status of blood of small ruminants and pastures in Punjab, Pakista, *Pakistan J Bot*, 2008, Vol. 40, pp. 1143–1151.
7. Rabiee A.R., Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis, *J Dairy Sci*, 2010, Vol. 93, pp. 4239–4251.
8. Noaman V., Assessment of some serum trace elements in Holstein dairy cattle on industrial farms of Istafan Province, Iran, *World Appl Sci J*, 2013, Vol. 21, pp. 1158–1161.
9. Thambiyaya K., Functional Role of Intracellular Labile Zinc in Pulmonary Endothelium, *Pulm. Circ*, 2012, Vol. 2 (4), pp. 443–451.
10. Miroshnikov S.A., Skalny A.V., Zavyalov O.A. [et al.], The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed, *Biological Trace Elements Research*, 2020, Vol. 194 (1), pp. 145–151.
11. Kalashnikov V.V., Zajcev A.M., Atroshchenko M.M. [et al.], Assessment of gender effects and reference values of mane hair trace element content in english thoroughbred horses (North Caucasus, Russia) using ICP-DRC-MS, *Biological Trace Element Research.*, 2019, Vol. 191 (2), pp. 382–388.
12. Miroshnikov S.A., Zav'yalov O.A., Frolov A.N. [et al.], *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, Vol. 102, No. 3, pp. 33–45. (In Russ.)
13. Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Kharlamov A.V. [et al.], *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2017, No. 1, pp. 44–49. (In Russ.)
14. Miranda M., López-Alonso M., Castillo C. [et al.], Some toxic elements in liver, kidney and meat from calves slaughtered in Asturias (Northern Spain), *Eur. Food Res. Technol.*, 2003, Vol. 216, pp. 284–289.

15. Miranda M., Lopez-Alonso M., Castillo C. [et al.], Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain, *Environ. Int.*, 2005, Vol. 31, pp. 543–548.
16. Korenekova B., Skalicka M., Nad P., Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry, *Veterinarski arhiv*, 2002, Vol. 72 (5), pp. 259–267.
17. Rahimi E., Rokni N., Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using grafite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS): A preliminary study, *Iranian Journal of Veterinary Research*, 2008, No. 9, pp. 174–177.
18. Bala A., Saulawa, M.A., Junaidu, A.U. [et al.], Detection of cadmium (Cd) residue in kidney and liver of slaughtered cattle in Sokoto central abattoir, Sokoto state, *Nigeria, J. Vet. Adv.*, 2012, No. 2 (4), pp. 168–172.
19. Miroshnikov S.A., Bolodurina I.P., Arapova O.S., *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2014, No. 4, pp. 1. (In Russ.)
20. Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, No. 6 (112), pp. 241–243. (In Russ.)
21. Gary L., *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory*, 3th ed.; CLSI Document C28-A3c. Approved guideline, Wayne, Pa, USA: CLSI, 2010, pp. 59.
22. Abdelbasset C., Rabia E., Abdallah B. [et al.], Distribution of trace elements and heavy metals in liver, lung, meat, heart and kidney of cattle, sheep, camel and equine slaughtered in Casablanca City-Morocco, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2014, Vol. 5, No. 2, pp. 294–303.
23. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N. [et al.], Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, Vol. 7(4), pp. 2458–2464.
24. Samofalova I.A., *Khimicheskii sostav pochv i pochvoobrazuyushchikh porod* (Chemical composition of soils and parent rocks), Perm': Permskaya GSKhA, 2009, 132 p.
25. Makridis C., Transfer of Heavy Metal Contaminants from Animal Feed to Animal Products, *J. Agr. Sci. Tech*, 2012, Vol. 2, No. A, pp. 149–154.
26. Samokhin V.T., *Profilaktika narushenii obmena mikroelementov u zhivotnykh* (Prevention of metabolic disorders of microelements in animals), Voronezh: Voronezhskii GAU, 2003, 136 p.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-157-170

УДК 597.442:[597-116:597-111]

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕПРОДУКЦИОННОЙ ФУНКЦИЕЙ У САМОК ОСЕТРОВЫХ РЫБ

¹**Е.Н. Пономарева**, доктор биологических наук, профессор

²**П.П. Гераскин**, доктор биологических наук

¹**М.Н. Сорокина**, кандидат биологических наук, доцент

¹**В.А. Григорьев**, кандидат биологических наук

¹**А.В. Ковалёва**, кандидат биологических наук

¹*Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, Россия*

²*Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия*

E-mail: kafavb@mail.ru

Ключевые слова: осетровые рыбы, репродуктивная функция, функциональное состояние, биохимические показатели крови, стадии зрелости гонад, Е-селен.

Реферат. Проведены две серии экспериментов по влиянию препарата Е-селен на репродуктивную функцию осетровых рыб с разными способами внедрения препарата в организм: через корм и инъекционным. Показана эффективность действия Е-селена в двух сериях экспериментов. Выявлена его способность ускорять процесс созревания ооцитов вследствие стимуляции генеративного обмена и приведения его в соответствие с этапами полового цикла исходя из биохимических показателей крови. На усиление генеративного обмена указывает повышение концентрации в крови в 1,4 раза к концу 50-суточного эксперимента общего белка и бета-липопротеидов, в состав которых в период вителлогенеза входит ововителин (вителлогенин), а также умеренное увеличение концентрации гемоглобина. Отмечено, что обмен веществ у контрольных рыб в большей мере, чем у экспериментальных, направлен на соматический рост, вследствие чего средняя масса самок в контроле была выше, чем опыте, в первой серии экспериментов в 1,5 раза при неизменной массе опытных рыб и увеличении на 6% у контрольных во второй серии. Отмечена роль препарата как стабилизатора физиологического состояния самок из-за его высоких антиоксидантных свойств. При его применении исчезают имеющиеся признаки стрессового состояния, в отличие от контрольных рыб, у которых они выявляются: повышенный уровень холестерина, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), снижение концентрации гемоглобина. Наибольший эффект от применения препарата получен при орошении Е-селеном корма, при этом количество созревших рыб после 50 суток эксперимента было в 2,7 раза больше, чем в контроле, с одновременным снижением в 2 раза числа незрелых рыб. В случае инъекционирования самок этим препаратом количество рыб, находящихся на IV стадии зрелости гонад, у экспериментальной группы по истечении 50 суток увеличилось в 1,7 раза, у контрольных, наоборот, снизилось в 1,2 раза при неизменной доле самок на III стадии зрелости гонад.

SOME ASPECTS OF THE CONTROL OF THE REPRODUCTION FUNCTION IN FEMALE STURGEON FISHES

¹**E.N. Ponomareva**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**P.P. Geraskin**, Doctor of Biological Sciences

¹**M.N. Sorokina**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹**V.A. Grigoriev**, PhD in Biological Sciences

¹**A.V. Kovaleva**, PhD in Biological Sciences

¹*Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS), Rostov-on-Don, Russia*

²*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

E-mail: kafavb@mail.ru

Keywords: sturgeons, reproductive function, functional state, blood biochemical parameters, stages of gonadal maturity, E-selenium.

Abstract. Two series of experiments on the effect of E-selenium on the reproductive function of sturgeons were conducted with different ways of introducing the drug into the body: through feed and injection. The effectiveness of the action of E-selenium was shown in two experiments. First, its ability to accelerate the process of maturation

of oocytes was revealed due to the stimulation of generative metabolism and bringing it into line with the stages of the sexual cycle based on the biochemical parameters of the blood. An increase in the concentration in the blood by 1.4 times by the end of the 50-day experiment of total protein and beta-lipoproteins, which include ovovitelin (vitellogenin) during the period of vitellogenesis, as well as a moderate increase in haemoglobin concentration, indicates an increase in generative metabolism. It was noted that the metabolism of control fish was directed to somatic growth to a greater extent than that of experimental fish, as a result of which the average weight of females in control was 1.5 times higher than in the first series of experiments and weight of experimental fish was the same and increased by 6% in power in the second series. The role of the drug as a stabilizer of the physiological state of females, due to its high antioxidant properties, has been noted. When used, the existing signs of a stress state disappear, in contrast to the control fish in which they are detected: an increased cholesterol level, an erythrocyte sedimentation rate (ESR), and a decrease in haemoglobin concentration. The most significant effect from the use of the drug was obtained when the feed was irrigated with E-selenium, in which the number of mature fish after 50 days of the experiment was 2.7 times greater than in control, with a simultaneous halving of immature fish. In the case of the injection of females with this preparation, the number of fish at the IV stage of gonadal maturity in the experimental group after 50 days increased by 1.7 times. In the control group, on the contrary, it decreased by 1.2 times, with a constant proportion of females by the III stage of gonadal maturity.

Увеличение производственных возможностей аквакультуры реализуется либо генетическим улучшением объектов выращивания, либо оптимизацией метаболизма и направлением его в необходимое для получения заданной продукции русло. Наибольший эффект можно получить путём реализации генетических потенций оптимизацией обменных процессов у производителей рыб. Так, производственные способности самок по икре определяются индивидуальной плодовитостью и длительностью межнерестового периода. Имеющиеся в литературе сведения [1, 2] подтверждают влияние на репродуктивную эффективность как генетического статуса рыб, так и факторов окружающей среды, а также достаточности и сбалансированности питания [3]. Плодовитость самок зависит от вида рыб, их возраста, условий нагула, а в случае аквакультурного выращивания также от полноценности корма [4]. Кормовая диета оказывается в целом и на воспроизводительной функции гидробионтов, а также на качестве воспроизведенного потомства [5–8].

Обилие корма и соответствие его потребностям организма способствуют более раннему созреванию и высокой плодовитости, а голодание и даже снижение доступности корма отрицательноказываются на репродуктивной способности самок [9]. Кроме того, существенное значение в скорости созревания гонад и их качестве имеет физиологическое состояние репродуктивного стада, на которое влияет не только питание, но и стресс и наблюдающиеся в этом случае повышенные скорости переокисления липидов [2, 10, 11].

К этому надо добавить, что из-за отсутствия стимулирующих факторов, побуждающих нерест при аквакультурном выращивании, у многих видов рыб отмечается плохое

созревание самок [12, 13]. В качестве стимулятора, повышающего репродуктивные способности рыб, часто используют витамин Е [2, 14–17]. Он участвует в формировании ооцитов, влияет на плодовитость и оплодотворение [2, 18]. В комплексе с селеном его антиоксидантные свойства усиливаются [19], что очень важно при искусственном воспроизводстве рыб, когда потребность в антиоксидантах увеличивается [15, 20]. Это связано с усилением перекисных процессов при синтезе стероидных гормонов [21].

Важным микроэлементом, участвующим в метаболической функции, является также селен [22], который, соединяясь с аминокислотами, образует селенопротеины, необходимые для осуществления различных функций организма рыб. Это защита липидов от переокисления, поддержание fertильности, участие в репродукционных процессах, а также в синтезе ДНК [23–25]. Дефицит селена может приводить также к снижению темпа роста и повышенной смертности [26, 27]. В то же время его избыток может снижать иммунитет, темп роста и качество икры [28, 29]. Селен в рационах должен содержаться в оптимальных, необходимых для удовлетворения потребностей количествах [30].

В качестве стимуляторов, оптимизирующих репродуктивный процесс, используются различные добавки к кормам, в том числе и витаминно-минеральные. Исследования в этом направлении в отношении осетровых рыб фрагментарны, а эффекты от их применения малоизучены.

Ранее проведённые исследования [31] на молоди русско-ленского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833 × *Acipenser baerii* Brandt, 1869) выявили активизацию липидного обмена под влиянием

препарата Е-селен. Как известно, липиды являются не только источником энергии. В их составе наличествуют незаменимые жирные кислоты, которые влияют на репродуктивную способность рыб [32–34].

Цель исследований – изучение влияния различных дозировок витаминно-минерального препарата Е-селен на направленность обмена веществ и ускорение развития репродуктивной системы у осетровых рыб.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН». Объектом исследования служили самки гибрида стерлядь×белуга (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 × *Huso huso* Linnaeus, 1758) и стерляди

(*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758). Рыбы в опыте и контроле содержались в бассейнах объёмом 2 м³ установки с замкнутого водобез обеспечения с контролируемым режимом внешней среды. Температура воды поддерживалась в диапазоне 19,5–21,5 °С, насыщение воды кислородом – 70–85%, значения pH близки к нейтральному – 7,6–8,1. Проведены две серии экспериментов с использованием препарата Е-селен. В первой серии вводили витаминно-минеральный препарат Е-селен в комбикорм (основной рацион), во второй – проводилось инъектирование этого препарата рыбам.

Концентрации селена (в форме селенита натрия) и витамина Е в 1 мл Е-селена составляли соответственно 0,5 и 50 мг. Кормление производителей осуществляли гранулированным кормом марки Коппенс 13/50 с периодичностью 2 раза в сутки. Схема проведения исследований представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схемы экспериментов
Experiment schemes

Вариант	Доза введения препарата Е-селен	Способ введения	Кратность и периодичность применения	Продолжительность эксперимента, сут
1-я серия экспериментов (опытная группа)	2,0 мг/кг корма	В основной рацион путем орошения корма	2 раза в день с основным рационом	50
2-я серия экспериментов (опытная группа)	0,12 мл/кг массы тела	Внутримышечные инъекции	1 раз в 10 дней, 4-кратно	50
Контрольные группы	-	-	-	50

Первая серия экспериментов. Введение препарата Е-селен в комбикорм осуществляли путем орошения, предварительно разбавив его в концентрации 1 : 50. Кормление самок гибрида стерлядь×белуга с добавлением препарата Е-селен начинали за 50 суток до начала проведения искусственной зимовки. Дозировка препарата составляла 2 мл/кг корма, что соответствует концентрации 1 мг селена и 100 мг витамина Е на 1 кг корма. Выбор данной дозировки препарата сделан на основе литературных данных о биологических потребностях рыб в селене (0,15–0,50 мг/кг) и витамине Е (20,0–100,0 мг/кг), а также согласно нормативным дозам этих компонентов в кормах для рыб (селен 0,15–1,50 мг/кг, витамин Е – 50,0–100,0 мг/кг). В контроле использовали корм без добавления Е-селена. Начальная масса рыб составляла в контроле 16,20±0,81 кг, в опыте – 16,68±1,23 кг. И

опытная, и контрольная группы рыб включали по 10 самок.

Вторая серия экспериментов. Инъектирование самок стерляди препаратом Е-селен осуществляли четырехкратно с периодичностью 10 суток дозировкой 0,12 мл на 1 кг массы рыб. Доза компонентов препарата на одну особь составила 0,12 мг селенита натрия и 12 мг витамина Е, или 0,06 мг селенита натрия и 6 мг витамина Е на 1 кг массы рыб. Длительность эксперимента – 50 суток. Контрольных рыб не инъектировали. Начальная масса рыб в контроле – 2,00±0,15 кг, в опыте – 1,96±0,16 кг. Количество особей в опытной и контрольной группах – по 12 самок.

Стадии зрелости ооцитов определяли методом ультразвуковой диагностики (УЗИ) с использованием сканера Sono Scape с уточ-

нением биопсийным методом по шкале В.В. Трусова [35].

Функциональное состояние самок оценивали по комплексу физиолого-биохимических показателей в начале и конце эксперимента. Кровь отбирали шприцом из хвостовой вены.

В сыворотке крови определяли содержание общего белка и липидов, β -липопротеидов, холестерина, в цельной крови — концентрацию гемоглобина и скорость оседания эритроцитов. Стабилизацию цельной крови осуществляли гепарином.

Величину общего белка определяли рефрактометрически [36], на рефрактометре ИРФ-454Б2М, общего холестерина и триглицеридов в крови — энзиматическим колориметрическим методом на основе диагностических наборов «Холестерин-Ольвекс» и «Триглицериды-Ольвекс». Определение β -липопротеидов вели турбидиметрическим методом по Бурштейну и Самай [37], основанным на способности β -липопротеидов образовывать нерастворимый комплекс с гепарином и хлористым кальцием, СОЭ — методом

Панченкова [38], содержание гемоглобина в крови — унифицированным цианметгемоглобиновым фотометрическим методом [39].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакетов программ Microsoft Excel: описательной статистики и вычислением двухвыборочного t -теста с различными дисперсиями, в результате которого определяли уровень значимости (p) для сравниваемых неравночисленных малых выборок [40].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В первой серии экспериментов для контроля и опыта были отобраны рыбы примерно одинаковой массы, у которых изначально были определены стадии зрелости гонад (СЗГ), а также их функциональное состояние.

Соотношение самок по СЗГ в контрольной и опытной группах было одинаковым: II — 60 %, III — 30, IV — 10% (рис. 1).

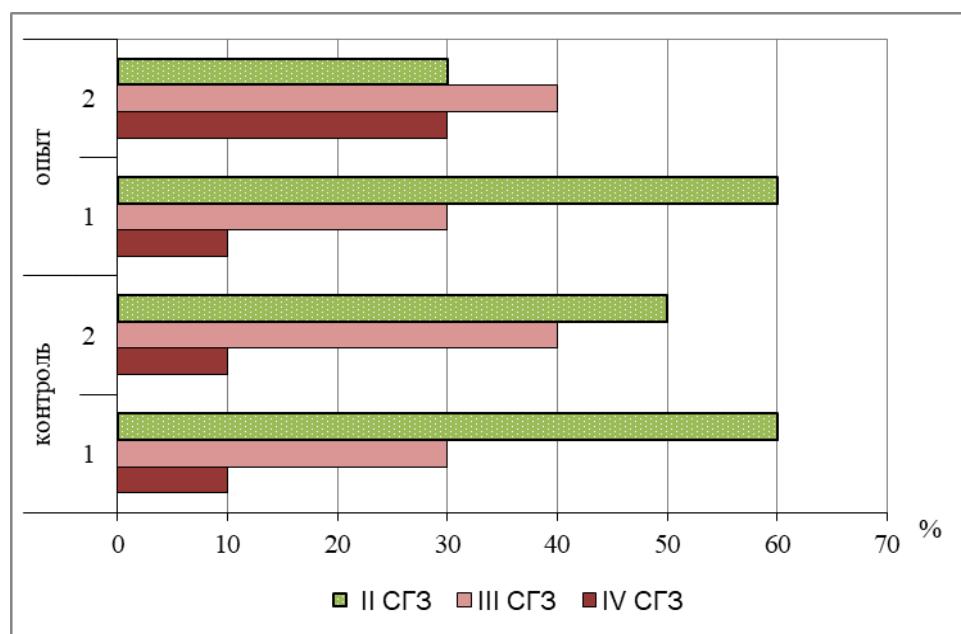


Рис. 1. Соотношение самок гибрида стерлядь x белуга с различной степенью созревания гонад.

Здесь и на рис. 2–6: 1 — начало эксперимента; 2 — окончание эксперимента

Fig. 1. The ratio of sterlet x beluga hybrid females with different degrees of gonadal maturation.

Here and in fig. 2–6: 1 — the beginning of the experiment; 2 - the end of the investigation.

Функциональное состояние самок соответствовало этапам полового цикла. Исследуемые показатели по своим параметрам были примерно одинаковые в обеих группах (рис. 2). Можно отметить лишь изначально более высокое значение СОЭ у рыб

из опытной группы, превышающее таковое у самок контрольной в 1,3 раза, что может свидетельствовать об изначально небольшом стрессовом состоянии этих рыб [41].

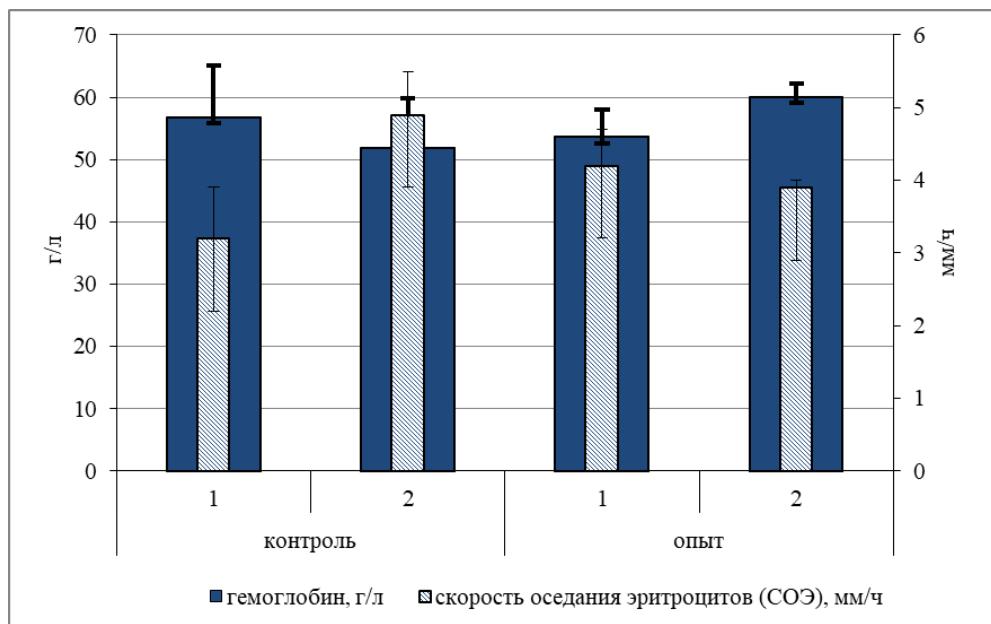


Рис. 2. Показатели гемоглобина и скорости оседания эритроцитов (СОЭ) у самок гибрида стерлядь x белуга

Fig. 2. Indicators of haemoglobin and erythrocyte sedimentation rate (ESR) in female sterlet x beluga hybrid

В конце эксперимента функциональное состояние рыб из опытной и контрольной групп уже существенно различалось. За время исследования рыбы несколько подросли, увеличив массу в контрольной группе на 5%, а в экспериментальной на 3%, т. е. у рыб контрольной группы метаболизм в большей мере, чем у рыб опытной группы, был направлен на соматический рост. При этом имели место признаки небольшого стресса. Это статистически достоверное ($p<0,001$) увеличение в крови холестерина в 1,6 раза и снижение гемоглобина на 10 % без статистического подтверждения ($p > 0,05$) последнего (рис. 3)

[42–44]. Указывает на длительный, но небольшой стресс и увеличение СОЭ в 1,5 раза ($p < 0,05$) [41]. Содержание в крови общего белка осталось на прежнем уровне. В группе опытных рыб, наоборот, имелись все признаки направленности обмена веществ на реализацию репродуктивной функции [45], при отсутствии признаков стресса. Это, прежде всего, нормализация СОЭ и холестерина – предшественника кортикоидных гормонов, в том числе глюкокортикоидов. Синтез последних находится под контролем кортикотропина, выброс которого из гипофиза является типичным ответом на стресс [46].

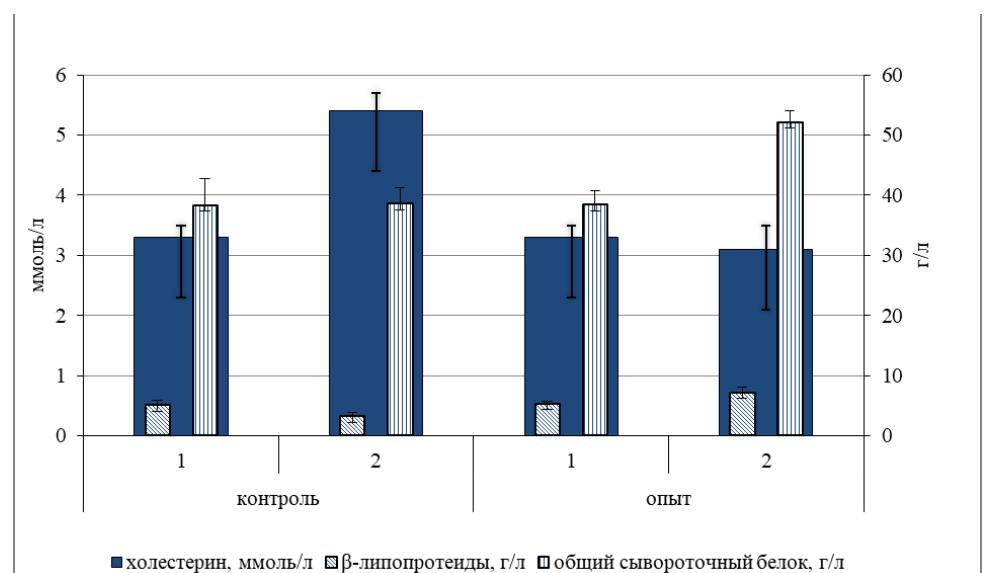


Рис. 3. Показатели белкового и липидного обмена самок гибрида стерлядь x белуга

Fig. 3. Indicators of protein and lipid metabolism in female sterlet x beluga hybrids

В то же время у самок из опытного варианта наблюдается статистически достоверное повышение в крови содержания β -липопротеинов ($p < 0,05$) и общего белка ($p < 0,001$) – в 1,4 раза при небольшом (на 12%) повышении концентрации гемоглобина ($p > 0,05$). Опираясь на результаты предыдущих наших исследований [44, 47, 48], связанных с изучением особенностей функционального состояния самок на различных этапах полового цикла, можно утверждать, что динамика исследованных показателей и их конечные значения указывают на ускорение процесса вителлогенеза у самок этой группы. Это подтверждается и большими изменениями в соотношении степени зрелости гонад в конце эксперимента у опытной группы рыб в сравнении с контрольными. Если у самок контрольной группы 10% рыб из группы с II

С3Г перешли в группу с III С3Г при таком же количестве (10 %) самок с IV С3Г, то в опытной группе количество рыб с II С3Г снизилось вдвое в сравнении с исходным состоянием, созревших самок (IV С3Г) – увеличилось в 3 раза, а находящихся на III С3Г – с 30 до 40 % (см. рис. 1).

Во второй серии экспериментов, проводимых на стерляди, изначально в контрольной и опытных группах рыб соотношение самок с различной степенью созревания гонад было неодинаковым (рис. 4). Больше всего (50%) незрелых самок было в опытной группе, тогда как в контрольной – 25%. Число самок с гонадами III С3Г в обеих группах было равным – по 25 %, а самок, достигших IV С3Г, в опытной партии было в 2 раза меньше (25 %), чем в контрольной (50 %).

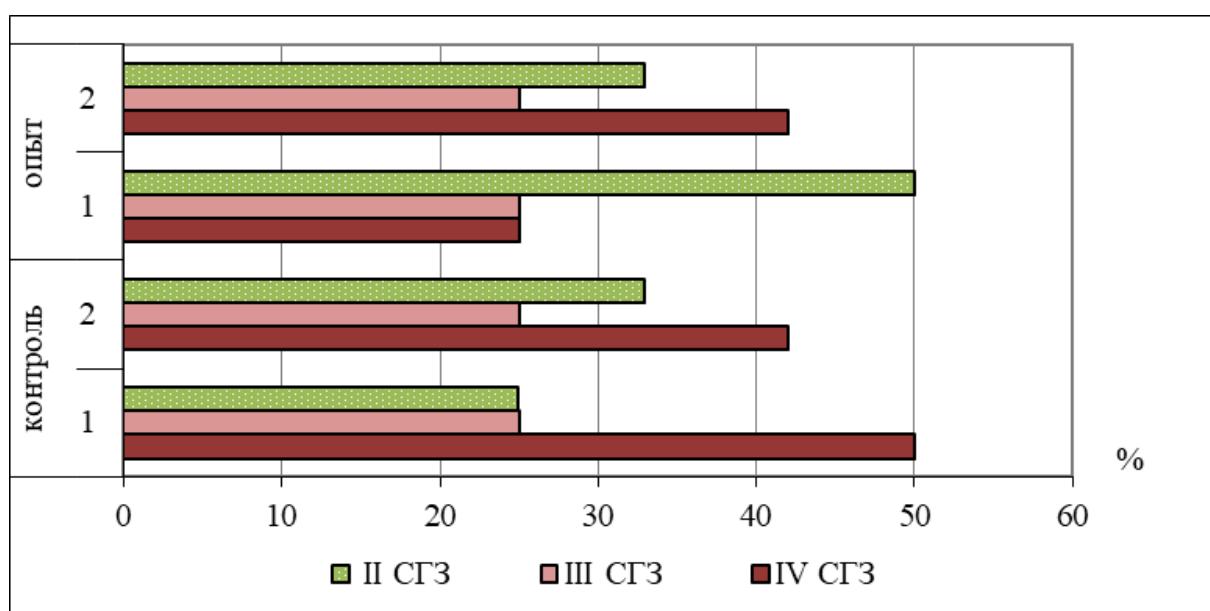


Рис. 4. Соотношение самок стерляди с различной степенью созревания гонад
Fig. 4. The ratio of sterlet females with different degrees of maturation of the gonads

Изначальное функциональное состояние исследуемых рыб в целом соответствовало этапам созревания [45, 49] с некоторыми нюансами у опытной группы (рис. 5, 6). Такие показатели крови, как СОЭ, содержание в крови гемоглобина, холестерина, белка и триглицеридов у опытных рыб по своим параметрам отличались от контрольных в большую сторону. Учитывая, что в контрольной группе самок половина рыб была на IV С3Г, а у опытной – на II С3Г, то, согласно динамике этих показателей, соответствующей стадиям полового цикла, которая была выявлена нами ранее [45], должно быть наоборот. У кон-

трольных рыб они должны быть выше, чем у экспериментальных. Такое несоответствие можно объяснить лишь небольшим стрессовым состоянием последних. На это указывают в первую очередь более высокое СОЭ (в 1,5 раза) (см. рис. 5), повышенное содержание холестерина (на 8% выше) и триглицеридов (в 1,3 выше) (см. рис. 6). Как мы уже указывали, при стрессовом состоянии имеет место повышенный синтез глюкокортикоидов, основой которых является холестерин, мобилизующий триацилглицериды при воздействии на жировую ткань [46].

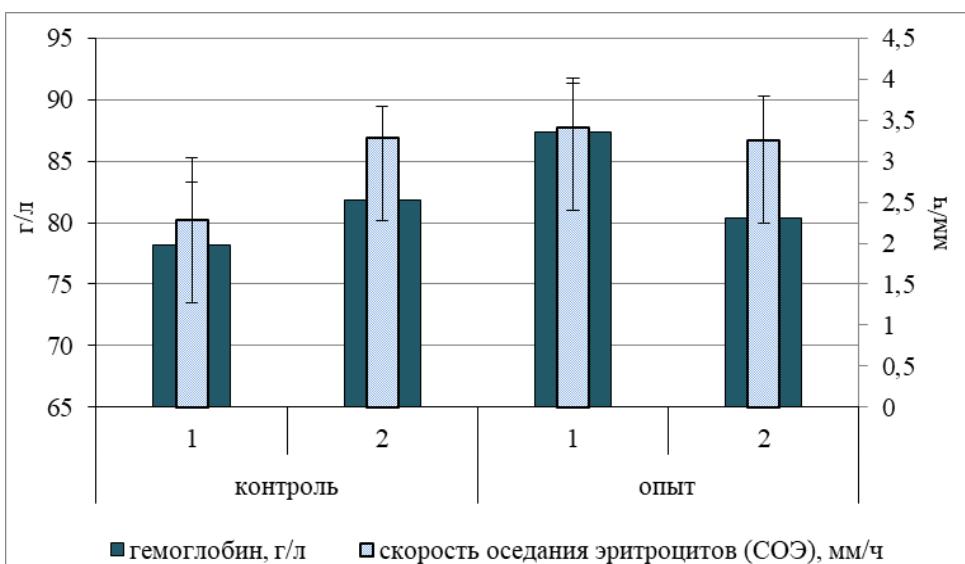


Рис. 5. Показатели гемоглобина и скорости оседания эритроцитов (СОЭ) у самок стерляди

Fig. 5. Indicators of haemoglobin and erythrocyte sedimentation rate (ESR) in female sterlet

В конце второй серии опытов у самок в опытном варианте отмечается нормализация функционального состояния до соответствия его с динамикой созревания гонад. У контрольных рыб за это время также изменилось функциональное состояние вслед за трансформацией соотношения этапов созревания ооцитов. Кроме того, у них наблюдается не-

большой соматический рост – на 6 % от исходного состояния при практически неизменной массе у самок в опыте. Необходимо отметить достаточно большое сходство функциональных состояний контрольной и опытной групп на конечном этапе за исключением некоторых параметров крови.

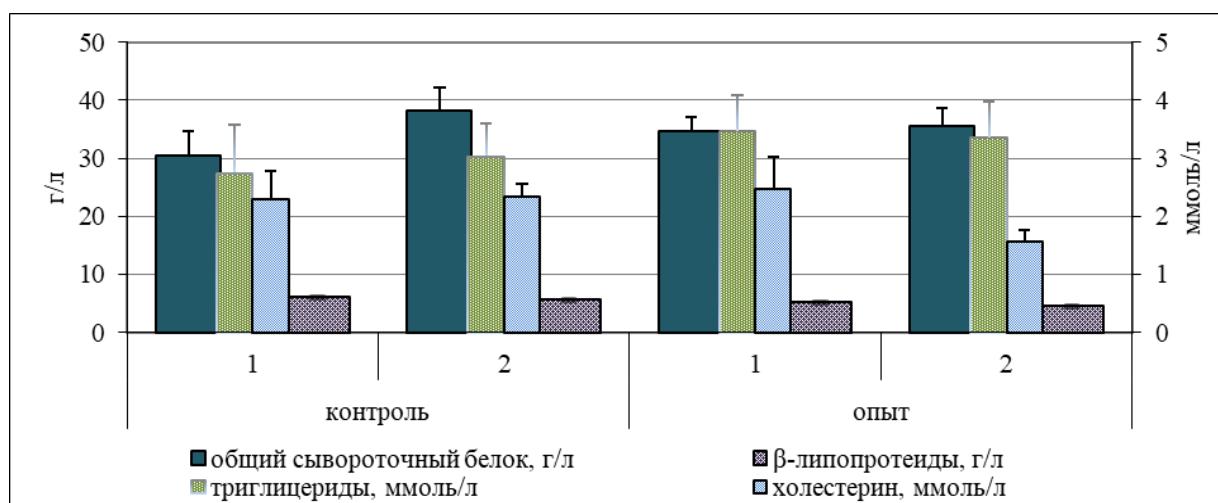


Рис. 6. Показатели белкового и липидного обмена самок стерляди

Fig. 6. Indicators of protein and lipid metabolism in sterlet females

Оно согласуется с данными, полученными при оценке степени зрелости половых желёз у этих групп рыб. Их соотношение было одинаковым в двух группах (см. рис. 4). Так, в процессе опытов в экспериментальной группе рыб увеличилось количество самок, находящихся на IV СЗГ, в 1,7 раза, у контрольных, наоборот, оно снизилось в 1,2 раза, при неизменной доле самок на III СЗГ. Соответственно

в опытной партии доля самок с II СЗГ снизилась в 1,5 раза, а у контрольной, наоборот, повысилась в 1,3 раза. Снижение количества рыб с IV СЗГ объясняется резорбцией ооцитов у части самок, находящихся на этом этапе полового цикла, что подтверждается биохимическими данными анализа крови этих рыб. Это, прежде всего, увеличение содержания в крови общего белка на 25 % и триглицеридов

на 10% (см. рис. 6) – веществ, входящих в состав основных ингредиентов наполнения ооцита. У экспериментальных рыб характер обмена веществ соответствовал периоду трофо-плазматического роста ооцитов и в большей мере его второй фазе – вителлогенезу.

Из полученных данных следует, что и во второй серии опытов с применением препарата Е-селен также наблюдается ускоренное созревание половых желёз у опытных рыб в сравнении с контрольными, подтверждаемое направленностью метаболизма на повышение уровня генеративного обмена. У контрольных самок, наоборот, отмечается резорбция ооцитов, которую можно объяснить в большей мере стрессовым состоянием этих рыб, возникающим при их выращивании в УЗВ [50] и в меньшей мере – перезреванием. Коэффициент поляризации ядра ооцита составлял в среднем 0,15–0,17, что характерно для незавершенной стадии IV СЗГ.

Такой результат в опытной группе оказался возможным не только благодаря стимулирующему воздействию токоферола и селениита натрия на генеративный обмен, но и вследствие антиоксидантных свойств этих веществ, которые относятся к классическим, или истинным, антиоксидантам. Кроме того, токоферол и селен, являющиеся первой линией защиты от повреждения мембран клеток продуктами пероксидного окисления, имеют свойства регуляторов экспрессии генов антиоксидантных ферментов у животных [51]. Эффективность применения подобных препаратов для улучшения физиологического состояния, выживаемости, роста и устойчивости к стрессам ставит вопрос о необходимости их применения в аквакультуре [52]. В нашем случае препарат Е-селен проявил себя не только как стимулятор генеративного обмена, ускоряющий созревание самок стерляди, но и как стабилизатор физиологического состояния этих рыб в условиях УЗВ.

ВЫВОДЫ

1. Введение в корм препарата Е-селен методом орошения усиливает генеративный обмен, на что указывает увеличение у самок экспериментальной группы в 1,4 раза уровней таких показателей, как β -липопротеиды и общий сывороточный белок, при повышении концентрации гемоглобина в крови на 12%. Такая же направленность обмена веществ выявлена и при дробном инъектировании самок стерляди препаратом Е-селен.

2. Препарат Е-селен не только ускоряет генеративный обмен, но и выступает как стабилизатор физиологического состояния рыб при стрессе вследствие антиоксидантных свойств этих веществ, что показано во второй серии экспериментов.

3. Результаты двух серий экспериментов показали, что препарат Е-селен является регулятором репродуктивной функции у самок исследуемых осетровых рыб, позволяя ускорять процесс созревания ооцитов, одновременно стабилизируя их функциональное состояние, приводя его в соответствие с этапами генеративного цикла при выращивании в установках замкнутого водообеспечения.

4. Наибольший эффект от применения препарата получен при орошении корма Е-селеном, при котором количество созревших самок гибрида стерлядь х белуга до IV СЗГ было в 2,7 раза больше, чем без применения препарата, а доля самок на II СЗГ снизилась вдвое. Дробное введение Е-селена путём инъекций также увеличивало количество созревших самок стерляди в 1,7 раза при снижении в контроле на 20%.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 122020100328-1 с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН №73602.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Brooks S., Tyler C.R., Sumpter J.P.* Egg quality in fish: what makes a good egg? // Rev. Fish Biol and Fish. – 1997. – Vol. 7. – P. 387–416. <https://doi.org/10.1023/A:1018400130692>.
2. *Izquierdo M., Fernandez-Palacios H., Tacon A.* Effect of brood stock nutrition on reproductive performance of fish // Aquaculture. – 2001. – Vol.197(1-4). – P. 25 – 42. – [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00581-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6).
3. *Bobe J., Labbe C.* Egg and sperm quality in fish. Gen Comp Endocrinol // General and comparative endocrinology. – 2009. – Vol. 165 (3). – P. 535–548. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.02.011>.
4. *Wanke T., Brämick U., Mehner T.* High stock density impairs growth, female condition and fecundity, but not quality of early reproductive stages in vendace (*Coregonus albula*). Fisheries Research. – 2017. – Vol. 186. – P. 159–167. – <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.08.028>.

5. *Effect of Dietary Soybean Lecithin on Reproductive Performance of Chinese Mitten Crab Eriochelis Sinensis (H. Milne-Edwards) Broodstock* / L.Y. Sui, X.G. Wu, M. Wille [et al.] // *Aquacult. Int.* – 2009. – Vol. 17 (1). – P. 45–56. – <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9178-6>.
6. *Effects of Parental Diets Supplemented With Different Lipid Sources on Octopus Maya Embryo and Hatching Quality* / J.F. Tercero, C. Rosas, M. Mascaro [et al.] // *Aquaculture*. – 2015. – Vol. 448. – P. 234–242. – <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.023>.
7. *Effects of different dietary oils on egg quality and reproductive performance in rainbow trout Oncorhynchus mykiss* / M. Yıldız, A. Ekici, G. Yamaner [et al.] // *Animal Reproduction Science*. – 2020. – Vol. 221. – P. 106545. – <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106545>.
8. *Effects of different dietary lipid resources on sperm quality and reproductive success in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss)* / M. Yıldız, S. Ofori-Mensah, M. Arslan [et al.] // *Aquaculture Research*. – 2021. – Vol. 52(8). – P. 1–11. – <https://doi.org/10.1111/are.15226>.
9. *Volkoff H., London S.* Nutrition and reproduction in fish / Encycl. Reprod. – 2018. – Vol. 6. – P. 743–748. – <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20624-9>.
10. *Bromage N.R., Roberts R.J.* Brood management and egg and larval quality // Blackwell Science Oxford OX2 OEL. – 1995. – 424 p.
11. *Gamete quality and spawning in captive Murray cod broodstock* / B.A. Ingram, H.K. Ho, G.M. Turchini, M. Holland // *Fisheries. Victoria Research Report Series*. – 2012. – N 58. – 69 p.
12. *Mylonas C.C., Zohar Y.* Promoting oocyte maturation, ovulation and spawning in farmed fish // In The Fish Oocyte. – Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2007. – P. 437–474. – https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6235-3_15.
13. *Description of the annual reproductive cycle of wreckfish Polyprion americanus in captivity* / M. Papadaki, J.B. Peleteiro, B. Alvarez-Blázquez [et al.] // *Fishes*. – 2018. – Vol. 3 (4). – P. 43. – <https://doi.org/10.3390/fishes3040043>.
14. *Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream Pagrus major eggs* / T. Watanabe, M. Lee, J. Mizutani [et al.] // *Nippon Sui san Gakkai-shi*. – 1991. – Vol. 51(917)(4) – P. 681–694.
15. *Izquierdo M.S., Fernández-Palacios H.* Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock // *Cahiers OPTIONS Méditerranéennes*. – 1997. – N. 22. – P. 243–264.
16. *Efrizal E., Rusnam R.* The influence of dietary vitamin E on the gonad development of blue swimming crab, Portunus pelagicus (Linnaeus, 1758) // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. – 2017. – Vol. 11 (1). – P. 7–15.
17. *El-Sayed A.M., Izquierdo M.* The importance of vitamin E for farmed fish-a review // *Reviews in Aquaculture*. – 2021. – P. 1–16. – <https://doi.org/10.1111/raq.12619>.
18. *Effect of a krill meal supplementation in soft - elects on spawning and quality of egg of yellowtail* / V. Verakunpiriya, K. Watanabe, K. Mushiake [et al.] // *Fisheries Science*. – 1997. – Vol. 63 (3) – P. 433–439.
19. *Использование препаратов селена при выращивании жеребят и телят* / С.А. Шевченко, А.И., Шевченко, О.А. Багно [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2017. – № 3 (44). – С. 104–114.
20. *Combined effect of dietary α -tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock (Sparus aurata)* / H. Fernández-Palacios, M.S. Izquierdo, M. Gonzalez [et al.] // *Aquaculture*. – 1998. – Vol. 161. – P. 475–476.
21. *Antioxidant capacity is correlated with steroidogenic status of the corpus luteum during bovine estrous cycle* / R. Rapoport, D. Sklan D. Wolfenson [et al.] // *Biochem. Biophys. Acta*. – 1998. – Vol. 1380. – P. 133–140.
22. *Watanabe T., Kirov V., Satoh S.* Trace minerals in fish nutrition // *Aquaculture*. – 1997. – Vol. 151. – N. 1–4. – P. 185–207.
23. *Rayman M.P.* The importance of selenium to human health // *The Lancet*. – 2000. – Vol. 356 (9225). – P. 233–241. – [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)02490-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)02490-9).
24. *Lobanov A.V., Hatfield D.L., Gladyshev V.N.* Eukaryotic selenoproteins and selenoproteomes // *Biochimica Et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*. – 2009. – Vol. 1790 (11). – P. 1424–1428. – <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2009.05.014>.

25. *Effects of nanoSelenium supplementation in plant protein-rich diet on reproductive performance and egg and larval quality of female Arabian yellowfin sea bream (Acanthopagrus arabicus)* / S. Saffari, S. Keyvanshokooh, M. Torfi Mozanzadeh, A. Shahriari // Aquaculture Nutrition. – 2021. – 27. – P. 1–13. – <https://doi.org/10.1111/anu.13332>.
26. *Deng D.-F., Hung, S.S., Teh, S.J. Selenium depuration: Residual effects of dietary selenium on Sacramento splittail (Pogonichthys macrolepidotus)* // Science of the Total Environment. – 2007. – Vol. 377 (2–3). – P. 224–232. – <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.02.025>.
27. *The pathology of selenium deficiency in Cyprinus carpio L.* / K. Wang, C. Peng, J. Huang [et al.] // Journal of Fish Diseases. – 2013. – Vol. 36 (7). – P. 609–615. – <https://doi.org/10.1111/jfd.12030>.
28. *Safe limits of selenomethionine and selenite supplementation to plant-based Atlantic salmon feeds* / M. H.G. Berntssen, M. Betancor, M. J. Caballero [et al.] // Aquaculture. – 2018. – Vol. 495 (1). – P. 617–630. – <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.041>.
29. *Optimum selenium levels in diets high in plant-based feedstuffs for gilthead sea bream (Sparus aurata) fingerlings* / D. Domínguez, Z. Sehnine, P. Castro [et al.] // Aquaculture Nutrition. – 2020. – Vol. 26 (2). – P. 579–589. – <https://doi.org/10.1111/anu.13019>.
30. *An overview of the ongoing insights in selenium research and its role in fish nutrition and fish health* / K.U. Khan, A. Zuberi, J.B.K. Fernandes [et al.] // Fish Physiology and Biochemistry. – 2017. – Vol. 43 (6). – P. 1689–1705. – <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0402-z>.
31. *Влияние препарата Е-селен на рост и физиологические показатели гибрида русский осётр х ленский осётр* / Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, А.В. Ковалёва [и др.] // Вестник Южного научного центра. – 2013. – Т. 9, № 2. – С. 57–67.
32. *Effects of Dietary Lipid Sources on Flavour Volatile Compounds of Brown Trout (Salmo trutta L.)* / G.M. Turchini, T. Mentasti, F. Caprino [et al.] // Fillet. J. Appl. Ichthyol. – 2010. – Vol. 20 (1). – P. 71–75. – <https://doi.org/10.1046/j.0175-8659.2003.00522.x>.
33. *Influence of Different Dietary Lipid Sources on the Growth, Tissue Fatty Acid Composition, Histological Changes and Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ Gene Expression in Large Yellow Croaker (Pseudosciaena Crocea R.)* / X.X. Wang, Y.J. Li, C.L. Hou [et al.] // Aquac. Res. – 2012. – Vol. 43 (2). – P. 281–291. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02826.x>.
34. *Optimizing Dietary Levels of Menhaden and Soybean Oils and Soybean Lecithin for Pre-Gonadal Somatic Growth in Juveniles of the Sea Urchin Lytechinus Variegatus* / V.K. Gibbs, L.E. Heflin, W.T. Jones [et al.] // Aquaculture. – 2015. – Vol. 446 (1). – P. 198–205. – <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.013>.
35. *Трусов В.З. Метод определения степени зрелости половых желез самок осетровых* // Рыбное хозяйство. – 1964. – № 1. – С. 26–28.
36. *Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии*. – М.: Просвещение, 1975. – 318 с.
37. *Burstein M., Samaille J. Determination of serum betalipoproteins after selective precipitation of heparin* // La Presse Medicale. – 1958. – Vol. 66. – P. 974–975.
38. *Инструкция по физиолого-биологическим анализам рыбы* / В.В. Лиманский, А.А. Яржомбек, Е.Н. Бекина, С.Б. Андронников. – М.: ВНИИПРХ, 1984. – 53 с.
39. *Van Kampen E.J., Zijlstra W.G. Standardization of hemoglobin metry. II. The hemoglobin cyanide method* // Clin. Chim. Acta. – 1961. – Vol. 6. – P. 538.
40. *Лакин Г.Ф. Биометрия*. – М.: Высш. шк., 1990. – 293 с.
41. *Лукьяненко В.И., Дубинин В.И., Сухопарова А.Д. Влияние экстремальных условий при-плотинной зоны реки на осетровых рыб*. – Рыбинск: Изд-во ИБВВ АН СССР им. И.Д. Папанина, 1990. – 272 с.
42. *Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология*. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. – 320 с.
43. *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма*. – Ростов-н/Д: Изд-во РГУ, 1990. – 224 с.
44. *Экологические мониторинговые исследования на лицензионном участке «Северный» ООО «Лукойл-Нижневолжскнефть» (1997–2006 гг.): [монография]* / Д.Н. Катунин [и др.];

- отв. ред. Г.А. Судаков, Д.Н. Катунин, Р.П. Ходороевская. – Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. – 431 с.
45. *Физиолого-биохимические закономерности созревания самок осетровых рыб* / П.П. Гераскин, Г.Ф. Металлов, В.А. Григорьев, М.В. Яицкая // Аквакультура: мировой опыт и российские разработки: материалы всерос. науч. конф. (г. Ростов-на-Дону, 13–16 декабря 2017 г.). – Ростов-н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. – С. 493–496.
46. Строев Е.А. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 1986. – 479 с.
47. Гераскин П.П., Металлов Г.Ф., Аксенов В.П. Физиолого-биохимическая характеристика самок севрюги, используемых для искусственного воспроизводства // Осетровое хозяйство водоемов СССР. – Астрахань: Изд-во ЦНИИ осетрового хоз-ва, 1984. – С. 81–83.
48. *Features of Changes in the Functional State of Sturgeon during Maturation in Closed Water-Supply Installations* / E.N. Ponomareva, P.P. Geraskin, G.F. Metallov [et al.] // Inland Water Biology. – 2021. – Vol. 14, N 1. – P. 87–93. – <https://doi.org/10.31857/S0320965221010113>.
49. *Оценка физиологической подготовленности к репродуктивной функции доместицированных самок белуги и выращенных от икры в искусственных условиях* / П.П. Гераскин, А.В. Ковалева, В.А. Григорьев [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2019. – № 4. – С. 95–103. – <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2019-4-95-103>.
50. Уровень кортизола и показателей цитогенетического гомеостаза в организме рыб на фоне пробиотика споротермина / Е.М. Романова, Е.В. Спирина, В.В. Романов, Л.А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1 (49). – С. 79–84. – <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-1-79-84>.
51. *Selenium and/or vitamin E upregulate the antioxidant gene expression and parameters in broilers* / F. Elgendey, F. Wakeel, R. Hemeda [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2022. – Vol. 18 (1). – P. 310. – <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03411-4>.
52. *Vitamin nutrition in salmonid aquaculture: From avoiding deficiencies to enhancing functionalities* / A. Liu, V.P.T H. To, E. Santigosa [et al.] // Aquaculture. – 2022. – Vol. 561 (738). – P. 738654. – <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738654>.

REFERENCES

1. Brooks S., Tyler C., Sumpter J., Brooks S., Tyler C.R., Sumpter J.P., Egg quality in fish: what makes a good egg?, *Rev Fish Biol and Fish*, 1997, Vol. 7, pp. 387–416.
2. Izquierdo M., Fernandez-Palacios H., Tacon A., Effect of brood stock nutrition on reproductive performance of fish, *Aquaculture*, 2001, Vol. 197, pp. 25–42.
3. Bobe J., Labbe C., Egg and sperm quality in fish. Gen Comp Endocrinol, *General and comparative endocrinology*, 2009, Vol. 165, pp. 535–548.
4. Wanke T., Brämick U., Mehner T., High stock density impairs growth, female condition and fecundity, but not quality of early reproductive stages in vendace (*Coregonus albula*), *Fisheries Research.*, 2017, Vol. 186, pp. 159–167.
5. Sui L.Y., Wu X.G., Wille M., Cheng Y.X., Sorgeloos P., Effect of Dietary Soybean Lecithin on Reproductive Performance of Chinese Mitten Crab *Eriocheir Sinensis* (H. Milne-Edwards) Broodstock, *Aquacult. Int.*, 2009, Vol. 17 (1), pp. 45–56.
6. Tercero J.F., Rosas C., Mascaro M., Poot G., Gallardo P., Effects of Parental Diets Supplemented With Different Lipid Sources on Octopus Maya Embryo and Hatching Quality, *Aquaculture*, 2015, Vol. 448, pp. 234–242.
7. Yıldız M., Ekici A., Yamaner G., Ofori-Mensah S., Arslan M., Tacer Ş., Korkmaz F., Baltacı M.A., Effects of different dietary oils on egg quality and reproductive performance in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, *Animal Reproduction Science*, 2020, Vol. 221, pp. 106545.
8. Yıldız M., Ofori-Mensah S., Arslan M., Yamaner G., Ekici A., Baltacı M., Korkmaz F., Tacer T., Şeyda., Effects of different dietary lipid resources on sperm quality and reproductive success in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture Research*, 2021, Vol. 52, pp. 15226.
9. Volkoff H., London S., Nutrition and reproduction in fish, *Encycl. Reprod.*, 2018, Vol. 9, pp. 743–748.

10. Bromage N.R., Roberts R.J., Brood management and egg and larval quality, *Blackwell Science Oxford OX2 OEL*, 1995, 424 pp.
11. Ingram B.A., Ho H.K., Turchini G.M., Holland M., Gamete quality and spawning in captive Murray cod broodstock. *Fisheries, Victoria Research Report Series*, 2012, No. 58, 69 p.
12. Mylonas C.C., Zohar Y., Promoting oocyte maturation, ovulation and spawning in farmed fish, *In The Fish Oocyte*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2007, pp. 437–474, https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6235-3_15.
13. Papadaki M., Peleteiro J.B., Alvarez-Blázquez B., Villanueva J.L.R., Linares F., Vilar A., Rial E.P., Lluch N., Fakriadis I., Sigelaki I., Mylonas C.C., Description of the annual reproductive cycle of wreckfish *Polyprion americanus* in captivity, *Fishes*, 2018, Vol. 3, pp. 43.
14. Watanabe T., Lee M., Mizutani J., Yamada T., Satoh S., Takeuchi T., Yoshida N., Kitada T., Arakawa T., Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs., *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991, Vol. 57(4), pp. 681–694.
15. Izquierdo M., Fernández-Palacios H., Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock *Cah, Options Mediterr.*, 1997, No. 22, pp. 243–264.
16. Efrizal E., Rusnam R., The Influence of dietary vitamin E on the gonad development of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758), *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2017, Vol. 11(1), pp. 7–15.
17. El-Sayed A.M., Izquierdo M., The importance of vitamin E for farmed fish-a review, *Reviews in Aquaculture*, 2021, pp. 1–16.
18. Verakunpuriya V., Watanabe K., Mushiake K., Kawan O.K., Kobayashi T., Hasegawa I., Kiron V., Satoh S., Watanabe T., Effect of a krill meal supplementation in soft - elects on spawning and quality of egg of yellowtail, *Fisheries Science*, 1997, Vol. 63 (3), pp. 433–439.
19. Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., Bagno O.A., Prokhorov O.N., Osipova M.A., Dyadichina T.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 104–114. (In Russ.)
20. Fernández-Palacios H., Izquierdo M.S., Gonzalez M., Robaina L., Valencia A., Combined effect of dietary α -tocopherol and n-3 HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock (*Sparus aurata*), *Aquaculture*, 1998, Vol. 161, pp. 475–476.
21. Rapoport R., Sklan D., Wolfenson D., Shaham-Albalancy A., Hanukoglu I., Antioxidant capacity is correlated with steroidogenic status of the corpus luteum during bovine estrous cycle, *Biochem. Biophys. Acta*, 1998, Vol. 1380, pp. 133–140.
22. Watanabe T., Kirov V., Satoh S., Trace minerals in fish nutrition, *Aquaculture*, 1997, Vol. 151, No. 1–4, pp. 185–207.
23. Rayman M.P., The importance of selenium to human health, *The Lancet*, 2000, Vol. 356 (9225), pp. 233–241.
24. Lobanov A.V., Hatfield D.L., Gladyshev V.N., Eukaryotic selenoproteins and selenoproteomes, *Biochimica Et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 2009, Vol. 1790 (11), pp. 1424–1428.
25. Saffari S., Keyvanshokooh S., Torfi Mozanzadeh M., Shahriari A., Effects of nanoSelenium supplementation in plant protein-rich diet on reproductive performance and egg and larval quality of female Arabian yellowfin sea bream (*Acanthopagrus arabicus*), *Aquaculture Nutrition*, 2021, 27, pp. 1–13.
26. Deng D.-F., Hung S.S., Teh S.J., Selenium depuration: Residual effects of dietary selenium on Sacramento splittail (*Pogonichthys macrolepidotus*), *Science of the Total Environment*, 2007, Vol. 377 (2–3), pp. 224–232.
27. Wang K., Peng C., Huang J., Huang Y., Jin M., Geng Y., The pathology of selenium deficiency in *Cyprinus carpio* L., *Journal of Fish Diseases*, 2013, Vol. 36 (7), pp. 609–615.
28. Berntssen M.H., Betancor M., Caballero M.J., Hillestad M., Rasinger J., Hamre K., Sele V., Amlund H., Ørnsrud R., Safe limits of selenomethionine and selenite supplementation to plant-based Atlantic salmon feeds, *Aquaculture*, 2018, Vol. 495, pp. 617–630.
29. Domínguez D., Sehnine Z., Castro P., Robaina L., Fontanillas R., Prabhu P.A.J., Izquierdo M., Optimum selenium levels in diets high in plant-based feedstuffs for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fingerlings, *Aquaculture Nutrition*, 2020, Vol. 26 (2), pp. 579–589.

30. Khan K.U., Zuberi A., Fernandes J.B.K., Ullah I., Sarwar H., An overview of the ongoing insights in selenium research and its role in fish nutrition and fish health, *Fish Physiology and Biochemistry*, 2017, Vol. 43 (6), pp. 1689–1705.
31. Metallov G.F., Grigor'ev V.A., Kovaleva A.V., Levina O.A., Sorokina M.N., *Vestnik yuzhnogo nauchnogo tsentra*, 2013, Vol. 9, No. 2, pp. 57–67. (In Russ.)
32. Turchini G.M., Mentasti T., Caprino F., Panseri S., Moretti V.M., Valfr F., Effects of Dietary Lipid Sources on Flavour Volatile Compounds of Brown Trout (*Salmo Trutta L.*), *Fillet. J. Appl. Ichthyol.*, 2010, Vol. 20 (1), pp. 71–75.
33. Wang X.X., Li Y.J., Hou C.L., Gao Y., Wang Y.Z., Influence of Different Dietary Lipid Sources on the Growth, Tissue Fatty Acid Composition, Histological Changes and Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ Gene Expression in Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena Crocea R.*), *Aquac. Res.*, 2012, Vol. 43 (2), pp. 281–291.
34. Gibbs V.K., Heflin L.E., Jones W.T., Powell M.L., Lawrence A.L., Makowsky R., Watts S.A., Optimizing Dietary Levels of Menhaden and Soybean Oils and Soybean Lecithin for Pre-Gonadal Somatic Growth in Juveniles of the Sea Urchin *Lytechinus Variegatus*, *Aquaculture*, 2015, Vol. 446 (1), pp. 198–205.
35. Trusov V.Z., *Rybnoe khozyaistvo*, 1964, No. 1, pp. 26–28. (In Russ.)
36. Filippovich Yu.B., Egorova T.A., Sevast'yanova G.A., *Praktikum po obshchey biokhimii* (Workshop on General Biochemistry), Moscow: Prosveshchenie, 1975, 318 p.
37. Burstein M., Samaille J., Determination of serum betalipoproteins after selective precipitation of heparin, *La Presse Medicale*, 1958, Vol. 66, pp. 974–975.
38. Limanskii V.V., Yarzhombek A.A., Bekina E.N., Andronnikov S.B., *Instruktsiya po fiziologo-biologicheskim analizam ryby* (Instructions for the physiological and biological analyzes of fish), Moscow: VNIIPRKh, 1984, 53 p.
39. Van Kampen E.J., Zijlstra W.G., Standardization of hemoglobin metry. II. The hemoglobin cyanide method, *Clin. Chim. Acta.*, 1961, Vol. 6, pp. 538.
40. Lakin G.F., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vyssh. shk., 1990, 293 p.
41. Luk'yanenko V.I., Dubinin V.I., Sukhoparova A.D., *Vliyanie ekstremal'nykh uslovii priplotinnoi zony reki na osetrovyykh ryb* (Influence of extreme conditions of the river's dam zone on sturgeon fish), Rybinsk: izd-vo IBVV AN SSSR im. I.D. Papanina, 1990, 272 p.
42. Luk'yanenko V.I., *Obshchaya ikhtiotoksikologiya* (General ichthyotoxicology), Moscow: Legkaya i pishchevaya prom-st', 1983, 320 p.
43. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A., *Adaptatsionnye reaktsii i rezistentnost' organizma* (Adaptive reactions and resistance of the body), Rostov-on-Don: izd-vo RGU, 1990, 224 p.
44. *Ekologicheskie monitoringovye issledovaniya na litsenzionnom uchastke "Severnyi" OOO "Lukoil-Nizhnevolzhskneft"* (1997-2006 gg.) (Environmental monitoring studies at the Severny license area of Lukoil-Nizhnevolzhskneft LLC (1997-2006), Astrakhan: Izd-vo KaspNIRKh, 2007, 431 p.
45. Geraskin P.P., Metallov G.F., Grigor'ev V.A., Yaitskaya M.V., *Akvakul'tura: mirovoi opyt i rossiiskie razrabotki* (Aquaculture: world experience and Russian developments), Proceeding of the All-Russian scientific conference (Rostov-on-Don, December 13–16, 2017) / [gl. red. akad. G.G. Matishov], Rostov-on-Don: Izd-vo YuNTs RAN, 2017, pp. 493–496. (In Russ.)
46. Stroev E.A., *Biologicheskaya khimiya* (Biological chemistry), Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 479 p.
47. Geraskin P.P., Metallov G.F., Aksenov V.P., *Osetrovoe khozyaistvo vodoemov SSSR* (Sturgeon farming in water bodies of the USSR), Astrakhan: Publishing House of the Central Research Institute of Sturgeon Farming, 1984, pp. 81–83. (In Russ.)
48. Ponomareva E.N., Geraskin P.P., Metallov G.F., Nevalennyi A.N., Grigoryev V.A., Sorokina M.N., Fedorovykh Yu.V., Features of Changes in the Functional State of Sturgeon during Maturation in Closed Water-Supply Installations, *Inland Water Biology*, 2021, Vol. 14, No. 1, pp. 87–93.
49. Geraskin P.P., Kovaleva A.V., Grigor'ev V.A., Firsova A.V., Yaitskaya M.V., Vetrova V.Zh., *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaistvo*, 2019, No 4, pp. 95. (In Russ.)

50. Romanova E.M., Spirina E.V., Romanov V.V., Shadyeva L.A., *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020, No. 1 (49), pp. 79–84. (In Russ.)
51. Elgendey F., Wakeel R., Hemed S., Elshawash A., Fadl S., Abdelazim A., Alhujaily M., Khalifa O., Selenium and/or vitamin E upregulate the antioxidant gene expression and parameters in broilers, *BMC Veterinary Research*, 2022, Vol. 18 (1), pp. 310.
52. Liu A., To V.P.T H., Santigosa E., Dumas A., Hernandez J.M., Vitamin nutrition in salmonid aquaculture: From avoiding deficiencies to enhancing functionalities, *Aquaculture*, 2022, Vol. 561 (738), pp. 738654.

ОЦЕНКА ВОСПРОИЗДИТЕЛЬНЫХ И ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ ПЕТУХОВ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ КРОССА ИЗА-Ф-15

В.А. Реймер, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С.П. Князев, кандидат биологических наук, доцент

А.-М.А. Кенцина, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: se41va78@mail.ru

Ключевые слова: куры-несушки родительского стада, петухи линий кросса ИЗА-Ф-15, воспроизводство, искусственное осеменение, объем эякулята, активность спермиев, оплодотворённость яиц, вывод молодняка.

Реферат. Искусственное осеменение птицы позволяет повысить воспроизводительные качества, снизить затраты корма на продукцию, улучшить племенную работу. В исследованиях на взрослой птице кросса ИЗА-Ф-15 по фазам и в течение продуктивного периода проведена оценка воспроизводительных и продуктивных качеств петухов двух различных линий. Все куры в обеих группах относились к материнской форме этого кросса. Установлено, что петухи линии М-22 превосходили своих сверстников линии М-99 по объему эякулята и количеству спермиев в 1мл как в фазах продуктивного периода, так и за весь цикл их использования. Параметры спермы (количество нормальных форм спермиев и их подвижность) были у петухов обеих групп сходными и составили 71,35 – 73,79 % и 7,07 – 7,5 балла соответственно. По комплексу показателей воспроизводительных качеств (объему эякулята, количеству спермиев в 1мл, оплодотворённости и выходу инкубационных яиц) петухи линии М-22 превосходили петухов линии М-99. Различия в показателях оказались статистически достоверными. Яйценоскость кур-несушек, а также средняя масса их яиц были высокими, и использование петухов различных линий в искусственном осеменении не выявило существенных различий в этих показателях. Оплодотворенность яиц и выход инкубационных яиц достоверно повысились у кур, осемененных спермой петухов линии М-22 (2-й группы), по сравнению с контролем соответственно с 95,94 до 97,33 и с 89,14 до 91,14 %. При этом вывод цыплят-бройлеров в обеих группах был на высоком уровне и практически одинаковым (80,21 и 82,25 %).

EVALUATION OF REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE QUALITIES OF ROOSTERS OF DIFFERENT LINES OF THE IZA-F-15 CROSS

V.A. Reimer, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

S.P. Knyazev, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

A.-M.A. Kentsina, Master's student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: se41va78@mail.ru

Keywords: laying hens of the parent flock, roosters of the IZA-F-15 cross lines, reproduction, artificial insemination, ejaculate volume, sperm activity, egg fertilization, and hatching of young animals.

Abstract. Artificial insemination of poultry allows for an increase in reproductive qualities, reduces feed costs for products, and improves breeding work. The authors evaluated the reproductive and productive attributes of roosters of two different lines on adult birds of the IZA-F-15 cross by phases and during the effective period. All hens in both groups belonged to the maternal form of this cross. It was found that the males of the M-22 line were superior to their peers of the M-99 line in terms of ejaculate volume and the number of sperm per 1 ml in the productive period phases and for the entire cycle of their use. The sperm parameters (number of standard forms of spermatozoa and their motility) were similar in both groups of roosters and amounted to 71.35 - 73.79% and 7.07 - 7.5 points, respectively. Roosters of the M-22 line were superior to those of the M-99 line in terms of a set of indicators of reproductive qualities (ejaculate volume, sperm count per 1 ml, fertility and hatching egg yield). Differences in hands were statistically significant. However, the egg production of laying hens and the average weight of their eggs were high. Using males of different lines in artificial insemination did not reveal significant differences in these indicators. The fertility of eggs and the yield of hatching eggs significantly increased in hens inseminated with the sperm of M-22 roosters (group 2), compared with the control, respectively, from 95.94 to

97.33 and from 89.14 to 91.14%. At the same time, the output of broiler chickens in both groups was at a high level and almost the same (80.21 and 82.25%).

Повышение продуктивности, воспроизводительных качеств и конверсии корма различных видов, пород и кроссов птицы осуществляется за счет использования определенных кормовых средств, режима и уровня кормления, условий выращивания и содержания птицы, методов ведения селекционно-племенной работы [1–4]. В настоящее время активно используются в кормлении биологически активные вещества, про- и пребиотики [5–7], ведется селекция яичных и мясных кур [8–10]. В то же время импортная птица зарубежной селекции занимает большую долю в промышленном птицеводстве России, но работ, посвященных исследованиям наиболее эффективного улучшения племенных качеств селекционным методом, в новейшей научной литературе пока не появилось.

Поэтому работы, направленные на оценку продуктивных и качественных показателей импортной птицы различными приемами и методами разведения, являются актуаль-

ными и будут способствовать эффективности производства.

Целью работы являлась оценка воспроизводительных и продуктивных качеств петухов кросса ИЗА-Ф-15 различных линий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе репродуктора птицеводческого хозяйства Новосибирской области в 2020–2021 гг.

Объектом исследования являлась взрослая птица кросса ИЗА-Ф-15 французской селекции. Оценка продуктивных и воспроизводительных качеств петухов двух различных линий проводилась по схеме, приведенной в табл. 1. При этом все петухи использовались как доноры спермы для искусственного осеменения кур материнской формы этого кросса.

Таблица 1

Схема опыта
Experience Scheme

Группа	Количество птицы, гол.		Линия петухов
	петухи	куры	
1-я (контрольная)	20	240	М-99
2-я (опытная)	20	240	М-22

Для достижения поставленной цели по принципу аналогов по живой массе и возрасту сформировано две группы взрослой птицы (в возрасте 180 дней) из 20 петухов и 240 кур в каждой. В 1-ю (контрольную) группу входило 20 петухов линии М-99, которая в данном хозяйстве разводится уже продолжительное время, а во 2-ю (опытную) группу – 20 петухов линии М-22, которая только начала использоваться хозяйством. Все куры в обеих группах относились к материнской форме этого кросса.

Половое соотношение в стаде составляло 1 : 12, т. е. на 1 самца приходилось 12 кур-несушек. Поэтому всего самок в 1-й и 2-й группах было по 240 голов. Родительское стадо птицы обеих групп содержалось в одном помещении в клеточных батареях при искусственном осеменении самок на протяжении всего продуктивного периода.

Условия содержания, режим и уровень кормления, микроклимат соответствовали нормативам компании Хаббард*.

Взятие спермы у петухов, ее разбавление, определение качества и осеменение кур проводилось по установленному графику [11]. Для определения показателей семени петухов использовали фотометрический метод, которым определяли концентрацию спермии в 1 мл эякулята, и микроскопический – для определения формы и подсчета подвижных спермии при оценке спермы по 10-балльной шкале.

Продуктивный период родительского стада был разделен на 3 фазы (временных отрезка) в соответствии с биологическими особенностями, уровнем и режимом кормления птицы. Первая фаза – с достижения физиологической зрелости птицы в возрасте 180 суток и начала яйцекладки (с 1-ю по 7-ю неделю всего периода) – соответствовала нарас-

*<http://www.isabalt.com>.

танию интенсивности яйцекладки. Вторая фаза – с 8-й по 28-ю неделю включительно – соответствовала стабильно максимальной продуктивности. Последняя (третья) фаза – с 29-й по 38-ю неделю – характеризовалась снижением яичной продуктивности птицы.

Учитывали разовый объем эякулята, количество, активность (подвижность) спермиев и их формы, оплодотворенность яиц, выход инкубационных яиц и вывод молодняка.

Статистическую обработку результатов исследования выполняли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel, вычисляя значения средних арифметических и их ошиб-

бок, а также определяя достоверность различий между средними арифметическими в пачках выборочных совокупностей с помощью критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что воспроизводительные качества петухов кросса ИЗА-Ф-15 по фазам продуктивного периода родительского стада изменялись (табл. 2).

Таблица 2

Оценка качества спермопродукции петухов различных линий
Evaluation of the quality of semen production of roosters of various lines

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
<i>Первая фаза продуктивного периода родительского стада, с 1-й по 7-ю неделю</i>		
Объем эякулята, мл	0,30±0,02	0,31±0,02
Количество спермиев в 1 мл, млрд	4,56±0,63	5,10±0,67
Подвижность (активность) спермиев, баллов	7,33±0,40	7,66±0,40
Количество нормальных форм спермиев в 1 мл, %	64,33±2,96	66,66±4,71
<i>Вторая фаза продуктивного периода родительского стада, с 8-й по 28-ю неделю</i>		
Объем эякулята, мл	0,37±0,01	0,42±0,02**
Количество спермиев в 1 мл, млрд	5,27±0,06	5,51±0,09*
Подвижность (активность) спермиев, баллов	8,10±0,36	9,43±0,31**
Количество нормальных форм спермиев в 1 мл, %	78,85±1,64	82,54±1,29
<i>Третья фаза продуктивного периода родительского стада, с 29-й по 38-ю неделю</i>		
Объем эякулята, мл	0,36±0,02	0,48±0,03***
Количество спермиев в 1 мл, млрд	4,65±0,41	4,90±0,26
Подвижность (активность) спермиев, баллов	6,75±0,86	7,50±0,72
Количество нормальных форм спермиев в 1 мл, %	65,25±4,58	64,75±3,47

Примечание. Здесь и далее: • Р<0,05; ** Р<0,01; *** Р<0,001 – достоверность разности между средними арифметическими двух групп.

Note. Here and below: • Р<0,05; ** Р<0,01; *** Р<0,001 – reliability of the difference between the arithmetic means of the two groups.

Воспроизводительные качества петухов различных линий по фазам продуктивного периода родительского стада были неодинаковы, их изменения находились на уровне нормативных показателей для данного вида и кросса птицы [12]. Однако в третью фазу продуктивного периода подвижность спермиев в 1-й группе была ниже норматива на 0,25 балла.

В первую фазу у петухов происходило увеличение воспроизводительных показателей, так как продуктивный период и самок, и самцов только начинался. Объем эякулята находился на уровне 0,30 – 0,31 мл, количество спермиев составляло от 4,56 до

5,1 млрд в 1 мл, а их подвижность – 7,33 – 7,66 балла. Количество спермиев нормальной формы варьировало от 64,33 в группе линии М-99 до 66,66 % в группе линии М-22. Статистически достоверных различий показателей двух групп в начальной фазе не отмечено.

С увеличением продолжительности продуктивного периода (фаза 2) все учитывающие показатели возросли по сравнению с 1-й фазой, при этом наиболее высокие показатели отмечены во 2-й группе, в которой использовали петухов линии М-22. При этом объем эякулята увеличился на 13,0 % (Р<0,01), количество спермиев в 1 мл эякулята – на 4,6

($P<0,05$) и подвижность спермиев – на 16,4 % ($P<0,01$). Колебание доли нормальных форм спермиев у петухов обеих групп находилось в пределах ошибки.

В заключительную (3-ю) фазу петухи линии М-22 увеличили объем эякулята при взятии спермы по сравнению с 1-й группой, в которой находились петухи линии М-99, на 33,3% ($P<0,001$). Подвижность и количество нормальных форм спермиев в обеих группах

находились на одном уровне, при этом в 1-й группе подвижность спермиев была ниже нормативов, а во 2-й группе доля нормальных форм спермиев по сравнению с 1-й группой оказалась меньше на 0,8 %.

Воспроизводительные качества петухов по фазам их использования дают возможность провести итоговую оценку этих показателей за весь продуктивный период (табл. 3).

Таблица 3

Оценка спермопродукции различных линий петухов кросса ИЗА-Ф-15 в целом за продуктивный период
Evaluation of sperm production of various lines of males of the IZA-F-15 cross in general for the productive period

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Объем эякулята, мл	0,34±0,02	0,41±0,021**
Количество спермиев в 1 мл, млрд	4,67±0,26	5,35±0,21*
Подвижность спермиев, баллов	7,87±0,87	8,65±0,75
Количество нормальных форм спермиев 1 мл, %	71,85±5,76	73,79±6,7

В целом за продуктивный период родительского стада петухи линии М-22 (2-я группа) достоверно превосходили по объему эякулята и количеству спермиев в 1 мл петухов линии М-99 (1-я группа). Другие учитываемые показатели воспроизводства соответствовали нормативным показателям, и колебания их между группами находились в пределах ошибки.

Яйценоскость кур-несушек родительского стада была высокой и находилась на уровне 260–265 шт. яиц за продуктивный период 38 недель. Средняя масса яиц за весь период яйцевладки также была близкой и составила $66,98\pm1,97$ и $68,73\pm2,15$ г соответственно. Достоверной разности между этими значениями не выявлено. Однако следует отметить, что по различным фазам продуктивного периода самок этот показатель изменялся. Так,

в 1-й группе птиц средняя масса яиц повышалась с 66,3 г в первую фазу до 68,2 г во вторую, а затем уменьшалась до 66,85 г. Во 2-й группе этот показатель снижался с первой фазы по вторую и третью соответственно с 69,3 до 68,7 и 66,3 г. Колебания средней массы яиц как по фазам продуктивности, так и среди групп были в пределах ошибки.

Жизнеспособность взрослой птицы за продуктивный период была высокой в обеих группах. Абсолютная сохранность наблюдалась по петухам в обеих группах, а по курам этот показатель составлял на уровне 98,2 и 98,5 % соответственно.

Воспроизводительные показатели родительского стада находились на высоком уровне и изменялись по фазам продуктивного периода и между группами (табл. 4).

Таблица 4

Показатели воспроизводства кур-несушек кросса ИЗА-Ф-15
Reproduction indicators of laying hens of cross-country IZA-F-15

Показатель	Группа		
	1-я	2	3
<i>Первая фаза продуктивного периода родительского стада, с 1-й по 7-й неделю</i>			
Выход инкубационных яиц, %	76,81±11,84	81,7±9,07	
Оплодотворенность яиц, %	95,04±1,5	94,78±1,16	
Вывод цыплят-бройлеров, %	80,91±2,65	78,84±2,48	
<i>Вторая фаза продуктивного периода родительского стада, с 8-й по 28-ю неделю</i>			
Выход инкубационных яиц, %	96,68±0,14	97,25±0,17**	
Оплодотворенность яиц, %	97,31±0,1	97,34±0,12	

Окончание табл. 4

1	2	3
Вывод цыплят-бройлеров, %	84,65±0,33	85,88±0,51*
<i>Третья фаза продуктивного периода родительского стада, с 29-й по 38-ю неделю</i>		
Выход инкубационных яиц, %	93,94±0,17	95,85±0,12**
Оплодотворенность яиц, %	95,49±0,29	97,0±0,13***
Вывод цыплят-бройлеров, %	75,08±1,01	81,89±0,66**

Полученные данные показывают, что все учитываемые показатели по фазам продуктивного периода родительского стада вначале увеличивались, а к концу снижались независимо от того, какой линии петухи использовались для их искусственного осеменения. Эта закономерность подтверждается биологическими особенностями различных видов, пород и кроссов птицы [13–16]. Достоверно более высокий выход инкубационных яиц наблюдался у кур, осемененных петухами линии М-22 (2-й группы). Это превышение наблюдалось на протяжении всех фаз продуктивного периода. Аналогичная закономерность наблюдалась и с выводом цыплят-бройлеров.

Оплодотворенность яиц также была выше в группе 2: в первые две фазы превышение было незначительным, но в 3-ю фазу разница оказалась высокодостоверной ($P<0,001$).

За весь цикл содержания кур-несушек, осемененных петухами разных линий, их воспроизводительные показатели были неодинаковы (табл. 5): за полный продуктивный период достоверное превышение наблюдалось во 2-й группе по сравнению с 1-й по выходу инкубационных яиц и их оплодотворенности. Вывод молодняка находился на высоком уровне в обеих группах и составлял 80,21 и 82,25 %.

Таблица 5

Воспроизводительные качества родительского стада за весь продуктивный период, %

Reproductive qualities of the parent stock for the entire production period, %

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Выход инкубационных яиц	89,14±0,63	91,34±0,94*
Оплодотворенность яиц	95,94±0,41	97,33±0,51*
Вывод цыплят-бройлеров	80,21±0,85	82,25±0,95

ВЫВОДЫ

1. Петухи линии М-22 (2-я опытная группа) характеризуются статистически достоверно более высоким объемом эякулята и количеством спермииев в 1 мл его объема по сравнению с петухами линии М-99 (контрольная 1-я группа). Количество нормальных форм спермииев и их подвижность находились на высоком уровне в обеих группах петухов.

2. Оплодотворенность яиц и выход инкубационных яиц достоверно повысились у кур, осемененных спермой петухов линии М-22 (2-й группы), по сравнению с контролем – соответственно с 95,94 до 97,33 и с 89,14 до 91,14 %. При этом вывод цыплят-бройлеров в обеих группах был на высоком уровне и практически одинаковым (80,21 и 82,25 %).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фисинин В.И. Птицеводство России – стратегия инновационного развития. – М.: РАСХН, 2009. – 148 с.
2. Мальцев А.Б. Селекция мясных кур в Сибирском НИИ птицеводства // Птицеводство – мировой и отечественный опыт: материалы IV Междунар. конф. / Междунар. промышл. акад. – М., 2007. – С. 164–172.
3. Утководство в Западной Сибири: монография / В.А Реймер., З.Н. Алексеева, И.Ю. Клемешова, Л.В. Чупина; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2003. – 152 с.

4. Ройтер Я.С., Мишустин А.В., Реймер В.А. Новая порода гусей – «Краснозерские» // Птица и птицепродукты. – 2004. – № 4–5. – С. 42–44.
5. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Г.Ю. Лаптев [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – № 86 (6). – С. 114–124. – DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00013.
6. Темираев Р., Гаппоева В., Гагкоева Н. Пробиотики и ферментные препараты в рационах цыплят // Птицеводство. – 2009. – № 4. – С. 20–21.
7. Эффективность использования молочно-кислой добавки в кормлении цыплят-бройлеров / Д.С. Панькин, В.А. Реймер, З.Н. Алексеева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2015. – № 1 (34). – С. 138–142.
8. Егорова А.В. Мясные куры родительского стада: оценка, отбор и подбор птицы // Птицеводство. – 2012. – № 12. – С. 8–10.
9. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена – 9» с аутосексной материнской родительской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова [и др.]. – Сергиев Посад, 2021. – 95 с.
10. Коноплева А.П. Эффективные приемы работы с петухами мясных кроссов в селекционных и родительских стадах // Птицеводство. – 2021. – № 5. – С. 43–49.
11. Рекомендации по искусственно осеменению сельскохозяйственной птицы / А.Д. Давтян, А.П. Коноплева, Т.Н. Волконская, А.А. Андреева, Т.Н. Трополис. – Сергиев Посад, 2008. – 35 с.
12. Искусственное осеменение сельскохозяйственной птицы / А.П. Коноплева, Я.С. Ройтер, Т.Н. Трохолис, А.А. Андреева; под ред. А.П. Коноплевой. – Сергиев Посад, ВНИТИП, 2021. – 107 с.
13. Искусственное осеменение сельскохозяйственной птицы, Промышленное птицеводство / А.Д. Давтян, А.П. Коноплева, А.А. Андреева, Т.Н. Трохолис. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2005. – 36 с.
14. Емануйлова Ж.В. Селекция исходных линий мясных кур при создании аутосексного кросса «Смена 7»: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2008. – 23 с.
15. Фисинин В.И. Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего. – М.: Хлебпродинформ, 2019. – 470 с.
16. Фисинин В. Мировые и российские тренды развития птицеводства // Животноводство России: Тематический выпуск. – 2018. – № 4. – С. 1–4.

REFERENCES

1. Fisinin V.I., Pticevodstvo Rossii – strategiya innovacionnogo razvitiya (Poultry farming in Russia – strategy of innovative development), Moscow, RASXN, 2009, 148 p.
2. Mal'cev A.B., Pticevodstvo – mirovoj i otechestvennyj opy't (Poultry farming - world and domestic experience), Materialy IV Mezhdunarodnoj konferencii, Moscow, 2007, pp. 164–172. (In Russ.)
3. Rejmer V.A., Alekseeva Z.N., Klemeshova I.Yu., Chupina L.V., Utkovodstvo v Zapadnoj Sibiri, Novosibirsk, 2003, 152 p.
4. Rojter Ya.S., Mishustin A.V., Rejmer V.A., Pticza i pticeprodukty, 2004, No. 4–5, pp. 42–44. (In Russ.)
5. Fisinin V.I., Egorov I.A., Laptev G.Yu. [i dr.], Voprosy pitaniya, 2017, Vol. 86 (6), pp. 114–124, DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00013. (In Russ.)
6. Temiraev R., Gappoeva V., Gagkoeva N., Pticevodstvo, 2009, No. 4, pp. 20–21. (In Russ.)
7. Pan'kin D.S., Rejmer V.A., Alekseeva Z.N. [i dr.], Vestnik NGAU, 2015, No. 1 (34), pp. 138–142. (In Russ.)
8. Egorova A.V., Pticevodstvo, 2012, No. 12, pp. 8–10. (In Russ.)
9. Efimov D.N., Egorova A.V., Emanujlova Zh.V. [i dr.], Rukovodstvo po rabote s pticej myasnogo krossa «Smena – 9» s autoseksnoj materinskoy roditel'skoj formoj (Guidelines for working with poultry meat cross "Smena - 9" with autosex maternal parental form), Sergiev Posad, 2021, 95 p.

10. Konopleva A.P., *Pticevodstvo*, 2021, No. 5, pp. 43–49. (In Russ.)
11. Davtyan A.D., Konopleva, Volkonskaya T.N., Andreeva A.A., Tropolis T.N., *Rekomendatsii po iskusstvennomu osemeneniyu sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Recommendations for artificial insemination of poultry), Sergiev Posad, 2008, 35 p.
12. Konopleva A.P., Rojter Ya.S., Troxolis T.N. [i dr.], *Iskusstvennoe osemenenie sel'skokhozyajstvennoj pticy* (Artificial insemination of poultry), Sergiev Posad: VNITIP, 2021, 107 p.
13. Davtyan A.D., Konopleva A.P., Andreeva A.A., Troxolis T.N., *Iskusstvennoe osemenenie sel'skokhozyajstvennoj pticy, Promyshlennoe pticevodstvo* (Artificial insemination of poultry, Industrial poultry farming), Sergiev Posad: VNITIP, 2005, 36 p.
14. Emanujlova Zh.V., *Selekcija isxodnyx linij myasnyx kur pri sozdaniu autoseksnogo krossa «Smena 7»* (Selection of initial lines of meat chickens when creating an autosex cross "Smena 7"), Extended abstract of candidates thesis, Sergiev Posad: VNIITIP, 2008, 23 p.
15. Fisinin V.I. *Mirovoe i rossiiskoe ptitsevodstvo: realii i vyzovy budushchego* (Global and Russian poultry farming: realities and challenges of the future). Moscow: Khlebprodinform, 2019, 470 p.
16. Fisinin V., *Zhivotnovodstvo Rossii. Tematicheskii vypusk*, 2018, No. 4, pp. 1–4, <https://zr.ru/sites/default/files/article/pdf/zr-2018-PT-001.pdf>.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДОВОГО ЗАПАСА ЛЕСНЫХ УГОДИЙ ДЛЯ МЕДОСБОРА ГЕОПАРКА ТОРАТАУ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

^{1,2}**И.Д. Самсонова**, доктор биологических наук, профессор

²**В.Н. Саттаров**, доктор биологических наук, профессор

³**А.А. Плахова**, доктор биологических наук, профессор

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

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

³*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Ключевые слова: медовый запас, лесные угодья, медосбор, липняки, биоресурсный потенциал.

Реферат. Пчелиные семьи, помимо ценной продукции пчеловодства, обеспечивают положительный эффект при опылении лесных растений, способствуя поддержанию высокой продуктивности ресурсов, сохранению и благоприятному развитию естественных популяций лесных видов. Объект исследований – земли лесного фонда геопарка Торатау Республики Башкортостан – служат оптимизации численности, расширению ареала и поддержанию генетической чистоты популяции аборигенной бурзянской бортевой пчелы (*Apis mellifera* L.). Информация по инвентаризации медоносных ресурсов на территории геопарка отсутствует, поэтому целью исследований явилось определение медового запаса лесных угодий для получения продуктивного медосбора и рационального использования ресурсов. Установлено, что покрытые лесом земли площадью 479640 га в своем составе имеют значительные территории липовых древостоев (213335 га – 44,5%) и широколиственный лес, не имеющий нектароносов липы и клена (194924 га – 40,6%). Липняк характеризуется биоресурсным потенциалом 96117283,3 кг, а широколиственный лес – 904447,36 кг. Общий расчетный медовый запас территории горно-лесной зоны Республики Башкортостан составляет 104595108 кг, что позволяет держать до 560704 пчелиных семей. На долю липы мелколистной приходится 89,3%, которая расположена крайне неравномерно по исследованной территории. В благоприятные для нектаровыделения липой годы необходима организация кочевого пчеловодства. Доля нектарных запасов клена, ивы и травянистых сообществ относительно невелика и составляет 9,6 %. Однако, учитывая нестабильность цветения и нектаровыделения липы, наличие альтернативных источников нектара позволяет сохранить поголовье стационарных пчелиных семей в «неурожайные» годы.

RATIONAL USE OF FOREST LAND HONEY RESERVE FOR HONEY COLLECTION OF THE TORATAU GEOPARK OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

^{1,2}**I.D. Samsonova**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**V.N. Sattarov**, Doctor of Biological Sciences, Professor

³**A.A. Plakhova**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹*S.M. Kirov Saint Petersburg State Forestry University, Saint Petersburg, Russia*

²*M. Akhmedov Bashkir State Pedagogical University, Russia*,

³*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Keywords: honey stock, forest land, medical examination, lipnyaki, bioresource potential.

Abstract. Besides obtaining valuable beekeeping products, bee families have a positive effect when pollinating forest plants, ensuring both high productivity of resources and promoting the conservation and favourable development of natural populations of forest species. The object of the study, the lands of the forest fund of the Toratau geopark of the Republic of Bashkortostan, serve as an optimization of the number, expansion of the range and maintaining the genetic purity of the population of the indigenous Burzyan side bee (*Apis mellifera* L.). There needs to be more information on the inventory of honey resources on the territory of the Geopark. Therefore, the goal was to determine the honey stock of forest land for productive medical collection and rational use of resources. As a result of research, land with an area of 479,640 hectares was covered with forest, which includes significant territories of linden stands (213335 hectares - 44.5%) and broad-leaved forest that does not have nectarines of

linden and maple (194924 ha - 40.6%). Lipnyak is characterized by a biological resource potential of 96117283.3 kg and a broad-leaved forest, respectively, 904447.36 kg. The total estimated honey reserve of the territory of the Republic of Belarus mountain-forest zone consists of 104 595 108 kg, which will allow for keeping up to 560,704 bee families. Small-leaved linden accounts for 89.3%, located extremely unevenly in the studied territory. In the years favourable for the production of linden, the organization of nomadic beekeeping is necessary. The share of nectar reserves of maple, willow and grassy communities relative to but is small and amounts to 9.6%. However, given the instability of colour and nectar release of linden, the presence of alternative sources of nectar allows the preservation of the number of stationary bee families in the “lean years.”

Пчелы и лесные деревья тесно связаны между собой в экосистемах лесов и прилегающих к ним земель сельскохозяйственного назначения. Пчелы являются опылителями энтомофильных растений, что, в свою очередь, отражается на продуктивности ягодных и плодовых растений и способствует возрождению естественной флоры лесных ресурсов [1–4]. Территория геопарка Торатау обладает невероятным биологическим разнообразием. Природные объекты, являющиеся основой геопарка, подлежат строгой охране и режиму использования в рамках федерального, регионального и местного законодательства и представляют научную ценность. Объект исследования играет также большую роль в оптимизации численности, расширении ареала и поддержании генетической чистоты популяции аборигенной бурзянской бортевой пчелы (*Apis mellifera* L.), обитающей в естественных и искусственных дуплах, сохранении традиционного народного промысла – бортничества.

Несмотря на множество исследований по оценке биоресурсного потенциала медоносных угодий, информация по инвентаризации видового разнообразия и экологических особенностей медоносных ресурсов на территории геопарка Торатау в научно-монографических источниках отсутствует, нет и механизмов рационального их использования. В этой связи, в целях сохранения биоразнообразия медоносных ресурсов, необходима разработка комплекса научно-методических подходов, основанных на системном ресурсно-экологическом изучении медоносных видов растений, а также реализация комплекса мер, направленных на улучшение медоносных ресурсов и рациональное их использование.

На территории геопарка представлены преимущественно средневозрастные липовые насаждения второй группы (липы в их составе 10–30 %) в Стерлитамакском лесничестве с преобладающим ростом твердолиственных пород, дуба и третьей группы (доля липовых насаждений превышает 30 %) в Макаровском лесничестве, где преобладают зрелые и перестойные леса липы, береза, осина, клен и дуб,

а также Гафурийском лесничестве с липовыми и кленовыми насаждениями [5].

Насаждения с примесью липы в Республике Башкортостан составляют более 35 % площади всех насаждений липы мелколистной, произрастающей в России [6]. Определяя медовую продуктивность лесной зоны, ограничиваться оценкой запасов липы мелколистной нерационально. Так, в частности, в 2012 г. липовые насаждения практически не выделяли нектар, и кормовые запасы, а также товарный мед были получены за счет медоносных ресурсов лесных земель [7].

Целью исследований явилась оценка медоносных ресурсов на основе определения медового запаса лесных угодий для получения продуктивного медосбора на территории геопарка Торатау Республики Башкортостан.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение биоресурсного потенциала медоносных угодий и медового запаса по категориям земель лесного фонда началось с изучения видового состава медоносной растительности, основанного на маршрутно-геоботаническом методе [8]. Для количественного учета медоносов и уточнения занимаемой ими площади на лесных землях под пологом закладывали пробные площади, на опушках леса – учётные площадки, на нелесных, представляющих интерес для пчеловодства, – трансекты различных размеров в зависимости от встречаемости медоносных видов в кустарниковых формациях и травянистых фитоценозах на территории Гафурийского, Макаровского и Стерлитамакского лесничеств. Пробные площади закладывали с использованием материалов лесоустроительных предприятий (планов лесонасаждений, таксационных описаний по состоянию на 01.01.2018 г., проведенных Федеральной службой лесного хозяйства РФ). [9].

Биоресурсный потенциал лесных угодий для медосбора определяли с учетом площадей, пригодных для ведения пчеловодства

[10, 11]. Расчет медового запаса (Р) или медосбора выполняли по формуле [12]

$$P = 0,625B_{pp},$$

где B_{pp} – биоресурсный потенциал;

$0,625_{pp}$ – коэффициент учитывающий перевод сахара в мед (в меде из нектара основных нектароносов содержится около 80% сахаров) при использовании 1/2 биоресурсного потенциала лесов и сельхозугодий для медосбора ($0,5 \times 1,25B_{pp}$).

Потенциальные медовые запасы медоносных угодий определяли исходя из факти-

ческих площадей, данные по которым были предоставлены Министерством лесного хозяйства Республики Башкортостан, а также средней нормативной медовой продуктивности 1 га медоносных растений (табл. 1). В расчетах для земель, покрытых лесной растительностью (хвойно-широколиственные леса с учетом древесного яруса, подлеска и трав, включая опушки леса), принимали медовую продуктивность 5,8 кг/га, для вырубки и гари 25 кг/га по Н.Л. Буренину [13], для прогалин – 10 кг/га по В.Н. Кулакову [14].

Таблица 1

Медовая продуктивность основных растений при нормальной густоте чистого состава насаждения в лесах Урала

Honey productivity of the primary plants at the average density of pure plantation composition in the forests of the Urals

Вид растения, угодья	Медовая продуктивность, кг/га	Вид растения, угодья	Медовая продуктивность, кг/га
Липа III кл. возраста и старше	400–500	Смородина	50
Клен	200	Малина	100
Ветла	150	Кипрей	250
Ива кустарниковая	75	Брусника, черника	15
Рябина	30	Сенокосы	30
Акация желтая	300	Выгоны	10
Крушина	70	Лесное разнотравье	20

Количество пчелосемей (N), необходимое для медосбора, при использовании 1/2 биоресурсного потенциала лесов и сельхозугодий рассчитывали с учетом годовой потребности пчелиной семьи в меде, которая составляет в среднем 90 кг, и провизорного получения товарного меда – 30 кг (в сумме 120 кг).

показатель оптимальной медовой продуктивности. Для липы этот оптимум расположен, согласно данным Е. С. Мурахтанова [15], в интервале возраста V–XI классов, средней полноты липовых древостоев на территории геопарка 0,6 и составляет 470 кг/га [16].

Земли лесного фонда богаты разнообразной дикорастущей растительностью как на лесных землях, так и на нелесных. Покрытые лесом земли площадью 479640 га в своем составе имеют значительные территории липовых древостоев (213335 га – 44,5%) и широколиственный лес, не имеющий нектароносов липы и клена (194924 га – 40,6%). По биоресурсному потенциалу медоносных ресурсов эти угодья отличаются на 88% (табл. 2).

Таблица 2

Биоресурсный потенциал и медовый запас лесных угодий, покрытых лесной растительностью, для медосбора

Bioresource potential and honey supply of forest lands covered with forest vegetation for honey harvesting

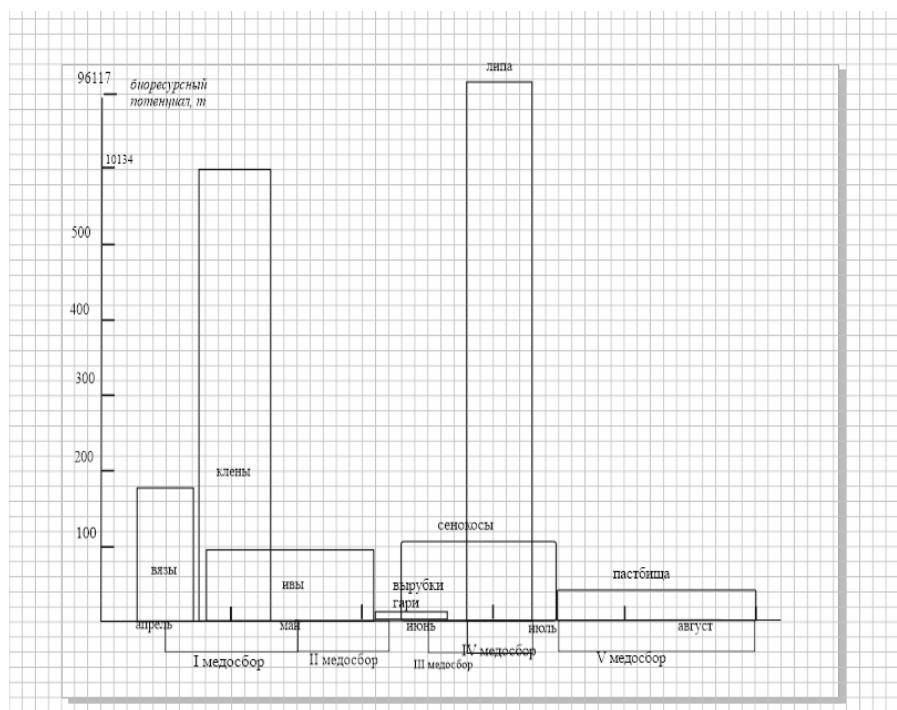
Вид медоноса	Площадь, га	Биоресурсный потенциал, кг	Медовый запас	
			кг	%
1	2	3	4	5
Широколиственный лес, не имеющий липы и клена	194924	904447,36	565279,6	0,84
Липа мелколистная	213335	96117283,30	60073302,1	89,41
Клен остролистный	63340	10134400,00	6334000,0	9,43
Вяз и другие	5360	171520,00	107200,0	0,16

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Ива древовидная	827	99240,00	62025,0	0,09
Черемуха	933	22392,00	13995,0	0,02
Рябина	10	240,00	150,0	0,00
Ива кустарниковая	911	54660,00	34162,5	0,05
<i>Итого</i>	<i>479640</i>	<i>107504182,70</i>	<i>67190114,2</i>	<i>100,00</i>

Так, липняк характеризуется биоресурсным потенциалом 96117283,3 кг, а широколиственный лес – 904447,36 кг. Почти 10% от медового запаса на покрытых лесом землях составляют древостои с участием клена, который цветет и выделяет нектар и пыльцу в мае. Знание сроков и последовательности

цветения медоносных растений, а также биоресурсного потенциала угодий для медосбора важно для составления медоносного непрерывно цветущего конвейера (рисунок), который поможет организовать рациональное ведение пчеловодства и разработать приемы для ликвидации безмедосборных периодов.



Медоносный конвейер на территории геопарка Торатай
Honey conveyor on the territory of the Toratau Geopark

Общая площадь поврежденных местностей (прогалины, редины, вырубки и гари) на территории геопарка Тортау составила 712 га (табл. 3). Для расчетов биоресурсного

потенциала и медовых запасов использовали медовую продуктивность из табл. 1 по видам медоносов и угодьям.

Таблица 3

Биоресурсный потенциал и медовый запас лесных угодий геопарка Торатай для медосбора
Bioresource potential and honey supply of forest lands in the Toratau Geopark for honey harvesting

Категории земель	Сроки цветения	Площадь, га	Биоресурсный потенциал, кг	Медовый запас	
				т	%
1	2	3	4	5	6
<i>Лесные земли</i>					
Земли, покрытые лесной растительностью, в том числе	Апрель – август	479640	107504182,7	67190,114	99,860
липа мелколистная	23.06-7.07	213335	96117283,3	60073,302	89,282
клен остролистный	22.04-04.05	63340	10134400,0	6334,000	9,414

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
вяз и другие	Апрель	5360	171520,0	107,200	0,159
ива древовидная	24.04	827	99240,0	62,025	0,092
Не покрытые лесной растительностью земли, в том числе вырубки и гари	03.06	190	3800,0	2,375	0,004
прогалины	Май – июль	522	4176,0	2,610	0,004
<i>Нелесные земли</i>					
Сенокосы	10.06-10.07	4314	103536,0	64,710	0,096
Пастбища	Июнь – август	4953	39624,0	24,765	0,037
<i>Итого</i>			107655318,7	67284,574	100,0

Эксплуатационные медовые запасы угодий зависят от многих факторов и, прежде всего от сроков и интенсивности цветения. Распределение нектара медоносных растений по отдельным периодам вегетации далеко не равномерно. Для условий пасек Башкирии выделяется по меньшей мере пять периодов:

– I период: ранняя весна – с середины апреля до середины мая, до момента зацветания клена остролистного. Запасы нектара в это время невелики, но его достаточно для быстрого развития пчелиных семей. Этому способствует и то, что в этот период довольно много цветущих пыльценосов;

– II период: вторая половина весны. Начало этого периода совпадает с цветением клена остролистного, который зацветает одновременно с распусканием листьев. Обеспеченность пчел нектаром хорошая. Хорошо перезимовавшие сильные пчелиные семьи могут дать в это время до 20 кг товарного меда;

– III период: раннее лето (вторая и третья декада июня и первая декада июля), до зацветания липы. Запасы нектара невелики, имеется только поддерживающий медосбор с разнотравья. Учитывая это, в целях лучшего наращивания силы семей к периоду основного медосбора с липы необходимо планировать в радиусе продуктивного лета пчел (2 км) припасечные посевы медоносов из расчета не менее 3 га на каждые 100 пчелосемей. Значительный интерес в данном случае представляет эспарцет, который зацветает в конце мая, цветет 15–20 дней и дает до 100–120 кг сахара в нектаре с гектара;

– IV период: время главного медосбора с липы;

– V период: медосбор резко падает, так как древесные и кустарниковые медоносы уже не цветут. Поэтому, чтобы создать благоприятные условия для позднелетнего развития пчел и получения товарного меда вблизи

проектируемых пасек, необходимо проводить посев осенних припасечных медоносов.

Общий расчетный медовый запас территории горно-лесной зоны Республики Башкортостан составляет 104595108 кг. Определение максимального количества пчелиных семей, которое можно содержать на территории горно-лесной зоны, производится по формуле $M3 : 120 \text{ кг} = 67284574,16 : 120 \approx 560704$ пчелиных семьи.

ВЫВОДЫ

1. Медоносные ресурсы горно-лесной зоны оценены как потенциально высокие. В общем медовом запасе геопарка Торатау определяющую роль играет липа мелколистная (89,3 %), которая расположена крайне неравномерно по исследованной территории. Доля нектарных запасов клена, ивы и травянистых сообществ относительно невелика и составляет 9,6 %.

2. В благоприятные для нектаровыделения липой годы необходима организация кочевого пчеловодства. Однако, учитывая нестабильность цветения и нектаровыделения липы, рациональное использование альтернативных источников нектара медоносного конвейера позволяет сохранить поголовье стационарных пчелиных семей в «неурожайные» годы.

3. Фактором, тормозящим продуктивное и экологически безопасное использование ресурсов, является, в первую очередь, плохо развитая транспортная инфраструктура в данной зоне: многие медоносные районы со спелыми перестойными липовыми лесами не имеют вблизи населенных пунктов, а также транспортной доступности для кочевых пасек. Фактор экологического риска при производстве продуктов пчеловодства в данном регионе связан с наличием в прилегающей с

запада лесостепной зоне ряда производств, расположенных в г. Стерлитамак, Салават, Ишимбай и Мелеу.

Статья подготовлена в рамках гранта «Оценка потенциала и рациональное использование медоносных ресурсов геопарка Торатау Республики Башкортостан» Фонда грантов главы Республики Башкортостан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bradbear N. Bees and Their Role in Forest Livelihoods: aGuide to the Services Provided by Bees and the Sustainable Harvesting, Processing and Marketing of Their Products // Non-Wood Forest Products Series. – 2009. – Vol. 19. – 204 p.
2. Srđić D. Važnost pčelarstva za šumarstvo // Šumarski list. – 1946. – Vol. 1–6. – P. 55–56.
3. Эколого-биологический анализ медоносов березняков / И.Д. Самсонова, В.Ю. Нешатаев, Д.В. ТхАО, Н.Т. Зыонг // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – № 229. – С. 104–117.
4. Самсонова И.Д., Саттаров В.Н. Ресурсный потенциал угодий для медосбора степного Придонья: монография. – Воронеж, 2021. – 210 с.
5. Формирование кадастра медоносных ресурсов Караидельского района темнохвойно-липовых лесов Уфимского плато / А.Г. Маннапов, М.А. Талыпов, Р.Р. Хисамов, Р.Г. Фархутдинов, Р.Ф. Мустафин, Д.Р. Дихин, И.Ф. Султанов // Естественные и технические науки. – 2021. – № 7 (158). – С. 88–93.
6. Кучеров Е.В., Сираева С.М. Медоносные растения Башкирии. – М.: Наука, 1980. – 128 с.
7. Кадастровая оценка медоносных ресурсов горно-лесной зоны Республики Башкортостан / Р.Р. Хисамов, Р.Г. Фархутдинов, Р.К. Ташбулатов, А.А. Кулагин // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2014. – № 2. – С. 41–49.
8. Красная книга Башкирской АССР. Редкие растения и животные. Проблемы их охраны. – Уфа: Башкир. кн. изд-во, 1984.
9. Самсонова И.Д. Медопродуктивность растительных формаций на землях лесного фонда степного Придонья // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2017. – № 4 (358). – С. 69–83. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.69.
10. Фундаментальные методы исследований в пчеловодстве и их результаты / В.Н. Саттаров, И.Д. Самсонова, И.А. Морев, Р.А. Ильясов. – Уфа: БГПУ им. М. Акмуллы, 2023. – 183 с.
11. Самсонова И.Д., До В.Т., Плахова А.А. Оценка медоносных растений березняков и ресурсный потенциал лесных угодий для медосбора Ленинградской области. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 198 с.
12. Самсонова И.Д., Сидаренко П.В. Медоносы Нижнего Дона. – Новочеркасск: НГМА, 2011. – 114 с.
13. Буренин Н.Л. Справочник по пчеловодству. – М.: Наука, 1984. – 402 с.
14. Кулаков В.Н. Медоносные ресурсы и перспективы развития пчеловодства Российской Федерации: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2012. – 47 с.
15. Мурахтанов Е.С. Основы организации комплексного хозяйства в липняках Средней Волги. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 302 с.
16. Оценка биоресурсного потенциала насаждений *Tilia cordata* геопарка Торатау Республики Башкортостан с использованием цифровых технологий / И.Д. Самсонова, М.Р. Нуркаева, В.Н. Саттаров, Р.Р. Хисамов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 59–4. – С. 191–197. – DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_191.

REFERENCES

1. Bradbear N., Bees and Their Role in Forest Livelihoods: aGuide to the Services Provided by Bees and the Sustainable Harvesting, Processing and Marketing of Their Products, *Non-Wood Forest Products Series*, 2009, Vol. 19, 204 p.
2. Srđić D., Važnost pčelarstva za šumarstvo, *Šumarski list*, 1946, Vol. 1–6, pp. 55–56.
3. Samsonova I.D., Neshataev V.Yu., Thao D.V., Zuong N.T., *Izvestia of the St. Petersburg Forestry Academy*, 2019, No. 229, pp. 104–117. (In Russ.)

4. Samsonova I.D., Sattarov V.N., *Resursnyj potencial ugodij dlja medosbora stepnogo Pridon'ja* (Resource potential of land for the meadditional collection of the steppe Pridonya), Voronezh, 2021, 210 p.
5. Manna-pov A.G., Talypov M.A., Khisamov R.R. [et al.], *Estestvennye i tehnicheskie nauki*, 2021, No. 7 (158), P. 88–93. (In Russ.)
6. Kucherov E.V., Siraeva S.M., *Medonosnye rastenija Bashkirii* (Honey plants of Bashkiria), Nauka, 1980, 128 p.
7. Khisamov R.R., Farkhutdinov R.G., Tashbulatov R.K., Kulagin A.A., *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija Biologija. Nauki o Zemle*, 2014, No. 2, P. 41–49. (In Russ.)
8. *Krasnaja kniga Bashkirskoj ASSR. Redkie rastenija i zhivotnye. Problemy ih ohrany* (Red Book of the Bashkir Autonomous Soviet Socialist Republic. Rare plants and animals. Problems of their protection), Ufa: Bashkir Book Publishing House, 1984.
9. Samsonova I.D., *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2017, No. 4 (358), pp. 69–83, DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.69. (In Russ.)
10. Sattarov V.N., Samsonova I.D., Morev I.A., Ilyasov R.A., *Fundamental'nye metody issledovanij v pchelovodstve i ih rezul'taty* (Foundation methods of research in beekeeping and their results), Ufa: BSPU named after M. Akmulla, 2023, 183 p.
11. Samsonova I.D., Do V.T., Plakhova A.A., *Ocenka medonosnyh rastenij bereznjakov i resursnyj potencial lesnyh ugodij dlja medosbora Leningradskoj oblasti* (Assessment of honey plants of birch forests and the resource potential of forest land for the medical collection of the Leningrad region), Novosibirsk: IC NGAU “Zolotoj kolos”, 2021, 198 p.
12. Samsonova I.D., Sidarenko P.V., *Medonosy Nizhnego Dona* (Medonosy Nizhny Don), Novocherkassk: NGMA, 2011, 114 p.
13. Burenin N.L., *Spravochnik po pchelovodstvu* (Beekeeping Handbook), Moscow: Science, 1984, 402 p.
14. Kulakov V.N., *Medonosnye resursy i perspektivy razvitiya pchelovodstva Rossijskoj Federacii* (Honey resources and prospects for the development of the beekeeper of the Russian Federation), Extended abstract of Doctors thesis, Moscow, 2012, 47 p.
15. Murakhtanov E.S., *Osnovy organizacii kompleksnogo hozjajstva v lipnjakah Srednej Volgi* (Fundamentals of the organization of an integrated economy in the Lipnyaks of the Middle Volga), Leningrad: Publishing House of Leningrad State University, 1972, 302 p.
16. Samsonova I.D., Nurkaeva M.R., Sattarov V.N., Khisamov R.R., *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, T. 59–4, pp. 191–197, DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_191.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-185-197

УДК 636.2:636.082.1:612.6

НАСЛЕДСТВЕННАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ УРОВНЯ АСПАРТАМИНОТРАНСФЕРАЗЫ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

¹**О.И. Себежко**, кандидат биологических наук, доцент

¹**Т.В. Коновалова**, старший преподаватель

¹**О.С. Короткевич**, доктор биологических наук, профессор

¹**В.Л. Петухов**, доктор биологических наук, профессор

¹**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук, профессор

²**А.Н. Себежко**, студент

¹**А.И. Желтиков**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹**О.А. Заико**, кандидат биологических наук, доцент

¹*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия*

E-mail: sebezhkonok@ngs.ru

Ключевые слова: голштинская порода, быки-производители, потомство, сывороточная аспартатаминотрансфераза.

Реферат. Рост, развитие и реализация продуктивных качеств сельскохозяйственных животных тесно взаимосвязаны ферментативными превращениями аминокислот, белков и других сложных азотистых соединений. Аспартатаминотрансфераза (АсТ) участвует в метаболизме аминокислот, в циклах мочевины, трикарбоновых кислот и глюконеогенезе. Уровень АсТ в крови зависит от многих пататипических и генетических факторов. В работе представлены результаты биохимического анализа содержания АсТ в сыворотке крови бычков голштинской породы в возрасте 12–13 месяцев, являющихся потомками четырех быков-производителей. Взятие крови осуществляли у животных с живой массой 330–365 кг, разводимых в условиях крупного животноводческого предприятия, расположенного на территории Западной Сибири. Уровень АсТ в сыворотке крови животных определяли колориметрическим методом Райтмана-Френкеля с использованием реактивов «Трансамина АсТ Ново» (производитель «Вектор-Бест» Россия). Установлено, что среднее значение содержания АсТ в группах сыновей было ниже общепринятой физиологической нормы и по всем потомкам составило $22,44 \pm 1,29$ Е/л. Референсный интервал для АсТ на основе центрального 95%-го перцентиля с указанием 90%-х доверительных интервалов составил 12,29 (8,67–15,91) – 34,84 (31,2–38,5) Е/л. Потомки разных отцов имели разную фенотипическую изменчивость показателя и различались по уровню АсТ. Так, потомки быка-производителя Brío характеризовались более высоким её уровнем в сравнении с сыновьями быков Malstrem и Fabio – в 1,69 и 1,8 раза соответственно. Выявленные различия указывают на наследственную детерминацию уровня АсТ у крупного рогатого скота голштинской породы. Сила влияния фактора отца составила 0,18.

HEREDITARY DEFINITENESS OF ASPARTATE AMINOTRANSFERASE LEVEL IN HOLSTEIN CATTLE

¹**О. И. Себежко**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹**Т.В. Коновалова**, Senior Lecturer

¹**О. С. Короткевич**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹**В.Л. Петухов**, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹**Н.Н. Кочнев**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**А. Н. Себежко**, Student

¹**А.И. Желтиков**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹**О.А. Заико**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

²*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

E-mail: sebezhkonok@ngs.ru

Keywords: Holstein breed, stud bulls, offspring, serum aspartate aminotransferase

Abstract. Farm animals' growth, development and realization of productive qualities are closely interrelated by enzymatic transformations of amino acids, proteins and other complex nitrogenous compounds. Aspartate aminotransferase (AsT) is involved in the metabolism of amino acids in the cycles of urea, tricarboxylic acids and gluconeogenesis. The level of AsT in the blood depends on many paratypical and genetic factors. The paper presents the results of a biochemical analysis of the AsT content in the blood serum of Holstein bulls aged 12-13 months, who are descendants of 4 breeding bulls. Blood sampling was carried out in animals with a live weight of 330-365 kg, bred in the conditions of a large livestock enterprise located in Western Siberia. The level of AsT in the blood serum of animals was determined by the Reitman-Frenkel colourimetric method using reagents "Transaminase AsT Novo" (manufacturer "Vector-Best" Russia). It was found that the average value of the AsT content in the groups of sons was lower than the generally accepted physiological norm and, for all descendants, was 22.44 ± 1.29 E/l. The reference interval for AsT based on the central 95% percentile with 90% confidence intervals was 12.29 (8.67...15.91) - 34.84(31.2... 38.5) E/l. The descendants of different fathers had different phenotypic variability of the indicator and differed in the level of AST. Thus, the descendants of the bull-producer Brio were characterized by a higher level compared to the sons of the bulls Malstrem and Fabio by 1.69 and 1.8 times, respectively. The revealed differences indicate the hereditary determination of the AsT level in Holstein cattle. The strength of the influence of the father's factor was 0.18.

Показатели продуктивности крупного рогатого скота связаны с интерьерными особенностями животных, включая генетически обусловленные реакции азотистого и белкового обменов [1, 2]. Аспартатаминотрансфераза (AcT), или глутамат оксалоацетат трансаминаза (GOT), представляет собой пиридоксальфосфат-зависимый трансаминазный фермент, который участвует в азотистом обмене у животных и человека, катализируя обратимый перенос α -аминогруппы между аминокислотами во многих органах и тканях [3]. Взаимосвязь между активностью AcT и молочной продуктивностью крупного рогатого скота продемонстрирована в ряде научных публикаций [4-6].

Значение трансамина в обмене аминокислот определяется возможностью участия в реакциях трансаминирования большинства протеиногенных аминокислот [7, 8]. Исключение составляют пролин, треонин и лизин. Важность участия AcT в белковом и азотистом обменах подчеркивается тем фактом, что аспартаттрансаминаза в силу экспрессии во множестве клеточных компартментов является основным циркулирующим ферментом *in vivo*, тем самым приобретая особую роль в процессах роста и формирования продуктивных признаков у крупного рогатого скота [9, 10]. Определённое значение имеют реакции глициеронеогенеза, катализируемые AcT в адипоцитах жировой ткани [11, 12].

За последние два десятилетия накоплено много данных, указывающих на то, что участие AcT в процессах роста и развития связано с реализацией молекулярных механизмов клеточной пролиферации. J.M. Thornburg и др. [13] описывают, что при селективном ингибировании AcT, например, с помощью

siRNA отмечается заметное снижение клеточной пролиферации.

В клеточных компартментах AcT имеет цитозольную и митохондриальную фракции, которые кодируются соответственно генами *GOT1* и *GOT2* во всех клеточных компартментах [14-16].

Описано достаточно большое количество паратипических факторов физиологического и патологического генеза, влияющих на уровень AcT в сыворотке крови [17, 18]. Уровень AcT положительно коррелирует с массой тела животных, физической нагрузкой. Активность AcT в сыворотке крови является распространенным клинико-химическим маркером повреждения паренхимы, главным образом мышечных клеток и клеток печени. В отношении генетических факторов, детерминирующих уровень сывороточной AcT, перечень обсуждаемых научных аспектов достаточно ограничен. Главным образом, речь ведётся о полиморфизмах генов *GOT1* и *GOT2*, кодирующих изоэнзимы AcT. Для человека были установлены фенотипически значимые полиморфизмы, ассоциированные с изменениями уровня AcT. Исследованиями H. Shen и др. [17] была описана внутрирамочная делеция трех нуклеотидов, кодирующих аспарагин, в положении 389 с.1165_1167delAAC (p.Asn389del) в гене *GOT1*. Носители делеции имели значительно более низкие уровни активности AcT по сравнению с гомозиготами по общему аллелю. M.B. Kulecka и др. [18] описали миссенс-мутацию с неполной пенетрантностью G>C в гене *GOT1*, лежащую в основе замены p.Gln208Glu. Фенотипическим проявлением мутации является семейное повышение уровня AcT [19]..

В числе первых работ, посвященных генетическому полиморфизму гена *GOT1* у сель-

скохозяйственных животных, были публикации G. Reiner и др. [20, 21]. В исследованиях были представлены полиморфизмы *GOT1*, значимые как гены-кандидаты для уровня сывороточной АсТ у свиней.

У крупного рогатого скота ген *GOT1* картирован на хромосоме BTA26. В научных работах последних лет *GOT1* относят к дифференциально экспрессируемым генам, участвующим в биологических процессах, связанных с метаболизмом жирных кислот, в том числе короткоцепочечных, их транспортом, взаимосвязям с мясной продуктивностью, составом и содержанием жирных кислот в молоке. В исследованиях G. Li и др. [22] ген *GOT1* представлен в числе новых генов-кандидатов, связанных с развитием мышц у крупного рогатого скота, метаболизмом липидов и особенностями внутримышечного отложения жира.

В одной из последних статей V.B. Pedrosa и др. [23] были охарактеризованы несколько новых генов-кандидатов, включая *GOT1*, у североамериканского голштинского скота, ассоциированных с гомеостазом жирных кислот, ответом на стероидные гормоны и значимых для молочной продуктивности. Молекулярные механизмы взаимосвязи АсТ с биосинтезом жирных кислот молока определяются параллельной трансформацией цитрата АТФ-цитратлиазой в цитозоле с образованием оксалацетата и ацетил-КоА.

Несколько ранее *GOT1* был описан как ген, связанный с профилем жирных кислот для голштинского и симментальского скота итальянской селекции. В данной работе подчеркивается важность идентификации областей генома или специфических генов, связанные с профилем жирных кислот, установления генов-кандидатов, поскольку из-за сложности биологических путей, участвующих в синтезе жирных кислот, эти основные гены не могут объяснить всю изменчивость состава жира в молоке [24].

X. Yan и др. [25] продемонстрировали межпородные различия экспрессии гена *GOT1* на примере казахского и бурого синьцзянского скота на уровне транскрипта и протеома в длиннейшей мышце спины, но генетический фон этих различий все еще остается неизвестным.

Перечисленные научные работы последних лет подчёркивают значение аспартатаминотрансферазы в отношении продуктивных качеств крупного рогатого скота. Однако большинство исследований этого направления все еще находятся на началь-

ной стадии скрининга большого количества генов-кандидатов, что в дальнейшем может привести к их переоценке. Поэтому анализ факторов генетической изменчивости, оказывающих влияние на уровень ферментов трансамионирования, является актуальным не только с точки зрения вклада в метаболические особенности животных, но и для изучения вклада трансамина в формирование продуктивных качеств.

Целью нашей работы была оценка наследственной детерминации уровня аспартатаминотрансферазы у бычков голштинской породы, разводимых в условиях крупного животноводческого комплекса Западной Сибири. Для этого необходимо было рассчитать средние значения, оценить изменчивость и установить референсный интервал АсТ у бычков разной отцовской принадлежности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования была активность сывороточной АсТ у голштинских бычков в возрасте 12–13 месяцев с живой массой 330–365 кг – потомков четырех быков-производителей. Все исследования проводили в соответствии с межгосударственным стандартом «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными». Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными (действующий ГОСТ 34088–2017). Все животные получали необходимое ветеринарное наблюдение профильного специалиста, вакцинированы в соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 28.04.2022 № 268 «Об утверждении Порядка планирования мероприятий по профилактике инфекционных болезней животных».

Условием включения в экспериментальную группу было отсутствие заболеваний у животных. Скот находился в надлежащих условиях согласно Ветеринарным правилам содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации (приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622).

Для кормления использовались типовые, сбалансированные с учетом питательной, минеральной и витаминной составляющей полнорационные комбикорма в соответствии с ГОСТ 9268-2015 Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Выпаивание жи-

вотных осуществлялось технической водой второго класса из локальных источников.

Анализировались негемолизированные образцы, полученные при отделении охлаждённой сыворотки от сгустка не позднее 2 ч. Лабораторные измерения проводились в соответствии с межгосударственными стандартами «Принципы надлежащей лабораторной практики (GLP)» (действующий ГОСТ 33647-2015), «Применение Принципов GLP к исследованиям *in vitro*» (действующий ГОСТ 31891-2012), «Применение Принципов GLP к краткосрочным исследованиям» (действующий ГОСТ 31886-2012). Забор венозной крови у животных проводился ветеринарным врачом с соблюдением правил асептики утром до кормления из подхвостовой вены с использованием вакутайнеров с диоксидом кремния. Сыворотка не подвергалась замораживанию. Измерение активности АсТ в сыворотке крови происходило не позднее чем через 5 ч после взятия крови. Уровень АсТ определяли колориметрическим методом Райтмана-Френкеля в присутствии 2,4-динитрофенилгидразина при щелочном рН в присутствии дегидрата, мочевину – ферментативным уреазным методом. Использовали реактивы производства компании «Трансамина-АсТ-Ново». Измерение абсорбции проводилось на программируемом полуавтоматическом фотометре Photometer 5010V5+ (ROBERTRIELE GmbH & Co KG, Германия).

В районах разведения животных в Западной Сибири проводится постоянный мониторинг почв, воды, кормовых угодий, а также тканей и органов крупного рогатого скота на содержание макро- и микроэлементов, включая тяжёлые металлы и радионуклиды [26–29]. Концентрация химических элементов на протяжении длительного времени не превышала предельно допустимых значений, что позволяет исключить их влияние на активность АсТ и скорость протекания катализируемых данной трансферазой реакций переаминирования [30–33].

Распределения по уровню АсТ были оценены на нормальность с использованием теста Шапиро–Уилка. При нормальном распределении применяли параметрические статистические методы. В иных случаях использовали медиану (Me), квартили (Q_1 и Q_3), межквартильный интервал (IQR), вариационный размах.

При определении межгрупповых различий содержания АсТ у потомков разных быков-производителей пользовались критерием Краскела–Уоллеса в качестве альтернативно-

го непараметрического аналога однофакторного дисперсионного анализа при сравнении трех и более независимых групп. Тест Данна с поправкой Холма использовали в качестве пост-хок теста при парном сравнении групп. Показатель величины эффекта рассчитывали по формуле $\eta^2 = (H-k+1)/(n-k)$, где H – статистика Краскела–Уоллеса; k – количество групп сравнения.

Для создания дендрограмм применяли манхэттенскую метрику. При группировании данных в кластеры и формировании дендрограмм пользовались Ward's method. При расчете референсных интервалов применяли робастный метод. Доверительные интервалы для верхнего и нижнего пределов рассчитывали методом бутстрэппинга, используя скорректированные и несмещенные процентильные интервалы. Вычисления производили в среде анализа данных R studio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 представлены результаты анализа содержания АсТ в сыворотке крови потомков четырёх производителей. Установлено, что среднее значение АсТ по всей группе потомков находится на уровне $22,44 \pm 1,29$ Е/л. Уровень АсТ в группе бычков–потомков быка Bonier составил $26,18 \pm 7,87$ Е/л, у сыновей быка Malstrem – $19,06 \pm 1,78$. Активность АсТ в этих группах соответствовала нормальному распределению. В группах потомков Brio и Fabio распределение не соответствовало нормальному.

Большинство отечественных авторов в качестве нормативных показателей АсТ в сыворотке крови крупного рогатого скота указывают диапазон 40–110 Е/л [34–38]. Так, в работе А.С. Ермишина и А.В. Тимакова [34] представлены данные об уровне АсТ у ярославского и голштинского скота и у животных михайловского типа ярославской породы с долей кровности по голштинам 75–80%. Активность АсТ составила $42,1 \pm 13,3$ Е/л, $63,97 \pm 18,01$ Е/л и $102,29 \pm 32,89$ Е/л соответственно. В работе Г.А. Симонова и др. [35] показано, что у лактирующих коров красной степной породы уровень АсТ варьировал от $47,78 \pm 0,48$ до $49,24 \pm 0,30$ Е/л. Н.В. Боголюбова и др. [37] быков-производителей голштинской породы в возрасте до двух лет указывают содержание АсТ на уровне $44,9 \pm 1,3$ Е/л и отмечают достоверное повышение в последующих возрастных периодах, до-

стигающего уровня $74,92 \pm 3,77$ Е/л в возрасте старше 6 лет. Н. Комбарова и А. Абилов [38] описывают уровень АсТ у здоровых быков в возрасте от 3 до 8 лет в диапазоне $44,0-92,24$ Е/л, а у быков с нарушенной спермопродукцией – $41,6-166,2$ Е/л.

В наших исследованиях как в группах сыновей отдельных быков, так и в целом у всех потомков активность АсТ была ниже этого диапазона.

Таблица 1

Уровень АсТ в сыворотке крови сыновей быков голштинской породы, Е/л
The level of AsT in the blood serum of the sons of Holstein bulls, Е/л

Отец	Ме	Вариационный размах	Q1	Q3	IQR	SF	SF.p
Bonier	24,03	55,95	6,7	40,02	33,33	0,873	0,216
Brio	32,09	66,85	27,79	47,51	19,72	0,807	0,021
Fabio	18,95	44,29	17,76	35,02	17,26	0,802	0,014
Malstrem	17,86	15,71	15,34	22,94	7,6	0,621	0,621
Общее	24,70	86,26	17,45	34,84	17,39	0,91	0,069

Примечание. Ме – медиана; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; Q1 – первый квартиль; Q3 – третий квартиль; IQR – межквартильный размах; SW – критерий Шапиро-Уилка; SW.p – уровень значимости критерия Шапиро-Уилка.

Note. Me is the median; Min – minimum value; Max - maximum value; Q1 is the first quartile; Q3 is the third quartile; IQR, interquartile range; SW - Shapiro-Wilk test; SW.p is the significance level of the Shapiro-Wilk test.

Сходные результаты получили на животных юга Западной Сибири. Н.Ю. Беляева и др. [36] указывают на то, что у коров черно-пестрой породы в период 10 дней до отела, 15 и 40 дней после отела значения АсТ были на уровне $17,6 \pm 2,1$; $15,8 \pm 1,7$ и $17,5 \pm 2,8$ Е/л соответственно.

Активность АсТ в группах потомков разных производителей ранжирована следующим образом (в порядке возрастания): Malstrem → Fabio → Bonier → Brio. Максимальное значение АсТ в пределах физиологической нормы отмечено в группе сыновей быка Brio (91,18 Е/л). В данной группе преобладали

животные с высоким содержанием фермента и отмечен самый высокий вариационный размах. Однако у сыновей производителя Bonier отмечен самый большой межквартильный интервал.

Наиболее консолидировано по содержанию АсТ потомство быка Malstrem (рис. 1). Вариативность АсТ у потомков быков Brio и Malstrem занимала промежуточное положение. У всех групп животных, кроме сыновей Bonier, размах изменчивости обусловлен преобладанием в представленных выборках более высоких значений АсТ.

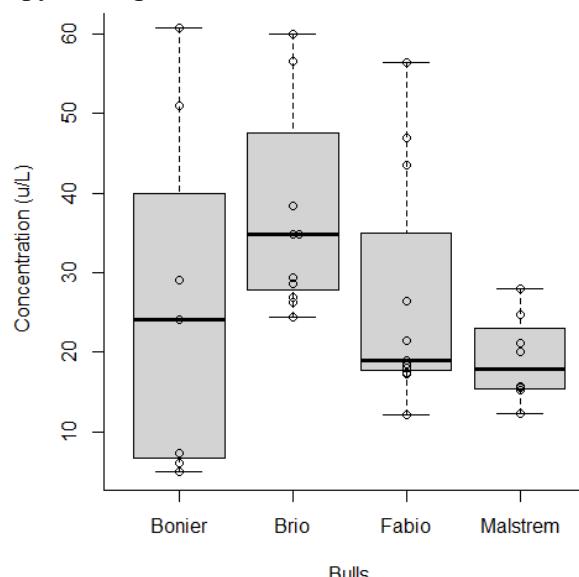


Рис. 1. Диаграмма размаха уровня АсТ в сыворотке крови потомков разных быков-производителей
Fig. 1. Diagram of the range of AsT in the blood serum of sons of different stud bulls

Наблюдаемая изменчивость признака связана со множеством пататипических и генетических факторов. Влиянию пататипических факторов на уровень АсТ посвящено много работ. Так, В.И. Еременко и др. [5] описывают взаимосвязь содержания АсТ с возрастом коров. Р.У. Зарипов и др. [39] указывают на зависимость АсТ от сезона года. АсТ является значимым тестом при патологических состояниях органов [40–44].

В ряде случаев нормальность распределения указывает на полифакториальную природу признака [45]. На роль генетических факторов в формировании профилей АсТ указывают многие исследования. В работе Е.А. Никоновой и др. [46] отмечено влияние генотипа телок разной кровности (чистопородные черно-пестрые и помеси с голштинами) на уровень АсТ. А.И. Абилов и др. [47] при тестировании быков-производителей голштинской породы черно-пестрой масти российской, северо-американской и голландской селекции констатировали различия по биохимическим показателям между быками разного происхождения. Однако при оценке активности сывороточной АсТ авторами не было получено достоверных различий. Отмечено влияние генотипа бычков разных пород (калмыцкой,

абердин-ангусской, герефордской) на активность трансамина [48]. Однако в данных работах авторы ограничились представлением в таблицах статистически обработанных данных в виде средней арифметической с ошибкой, констатацией наличия или отсутствия различий между исследуемыми группами без оценки вклада генетической компоненты в наблюдаемую вариацию АсТ.

В связи с тем, что распределение признака не соответствовало гауссовскому у потомков производителей Brio и Fabio, было принято решение оценить влияние фактора отца на уровень АсТ в сыворотке крови скота с помощью непараметрического однофакторного дисперсионного анализа – теста Краскера-Уоллеса: $H = 8,7951$, $df = 3$, $p = 0,03214$ ($P > 0,05$), $\eta^2 = 0,18$.

В результате были выявлены статистически значимые межгрупповые различия по содержанию АсТ, а сила влияния генотипа отца на уровень АсТ в сыворотке крови потомков составила 18%.

Попарные апостериорные сравнения с помощью теста Данна позволяют установить, между потомками каких быков-производителей есть различия по уровню АсТ (табл. 2).

Таблица 2

Попарные сравнения активности АсТ между группами сыновей быков-производителей голштинской породы

Pairwise comparisons of AsT activity between groups of sons of Holstein-bred bulls

Показатель	Пара	Z	p
Аспартатаминотрансфераза, Е/л	Bonier–Brio	1,8739	0,0600
	Bonier–Fabio	0,1377	0,8905
	Bonier–Malstrem	0,8155	0,4148
	Brio–Fabio	1,9611	0,0498*
	Brio–Malstrem	2,8366	0,0046*
	Fabio–Malstrem	1,0516	0,2930

Примечание. Z – статистика попарного z-теста Данна; * $p < 0,05$ – статистически значимые различия.

Попарные сравнения показали, что потомки быка-производителя Brio характеризуются более высоким уровнем сывороточной аспартатаминотрансферазы в сравнении с сыновьями быка Malstrem и Fabio – в 1,69 и 1,8 раза соответственно (p -value $< 0,05$).

На рис. 2 отражено сходство сыновей описываемых четырех быков по уровню АсТ

в сыворотке крови. Дендрограмма показывает, что потомки производителей Fabio, Bonier и Malstrem формируют кластер, в котором более сходны между собой потомки быков Fabio и Bonier. Сыновья быка Brio по активности АсТ обособлены.

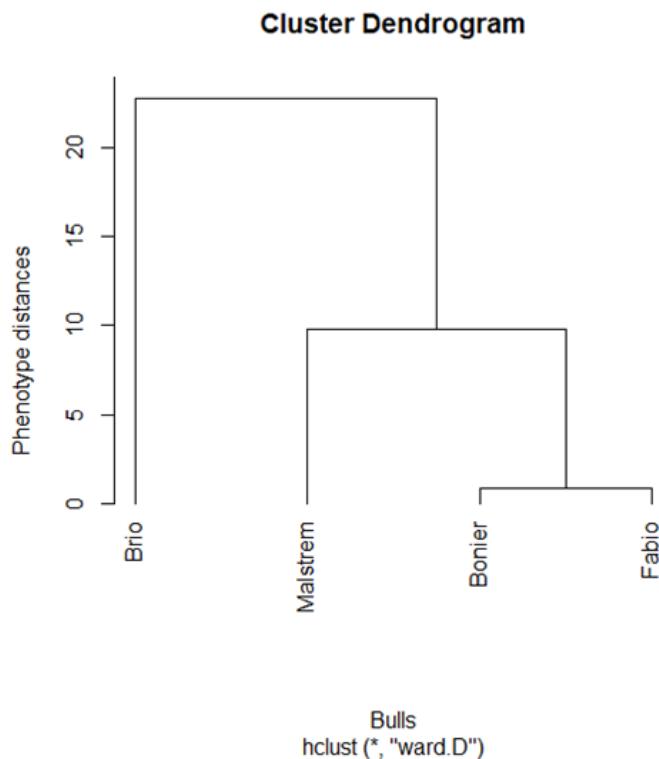


Рис.2. Систематическая диаграмма уровня АсТ в сыворотке крови сыновей разных производителей
 Fig.2. Systematic diagram of the level of AsT in the blood serum of the sons of different stud bulls

Референсный интервал, включающий в себя значения верхнего и нижнего предела, отражает биологические свойства изучаемой популяции животных, а как статистический показатель характеризует межиндивидуальную биологическую изменчивость [48–51]. Расчёт референсных интервалов проводили, основываясь на принципах, изложенных в Национальном стандарте РФ ГОСТ Р 53022.3-2008, а также принимали во внимание данные руководства по обеспечению качества и лабораторных стандартов Американского общества ветеринарной клинической патологии [52]. Основные этапы определения РИ изложены в протоколах руководства Института клинических и лабораторных стандартов CLSI, которое также рекомендовано Международной федерацией клинической химии IFCC [53, 54].

Референсный интервал для сывороточной АсТ при определении методом Райтмана-Френкеля в сыворотке крови здоровых голштинских быков в возрасте 12–13 месяцев, живой массой 330–365 кг составил 12,29–34,84, нижний предел 90 % -го доверительного интервала – 8,673–15,907, верхний – 31,223–38,457.

Несмотря на то, что организм способен поддерживать физиологический гомеостаз в разных условиях среды, возможны нарушения, сопровождаемые снижением резистентности, нарушением белкового, липидного, углеводного обменов. В этой связи очень важно продолжить исследования, направленные на изучение механизма формирования ранней онтогенетической адаптации, степени его реализации с учетом породных и технологических особенностей выращивания и содержания животных. Необходимо установить референсные значения изменчивости метаболитов крови и связь с различными фенотипическими характеристиками. Это позволит дать адекватную оценку состояния продуктивности и адаптационного потенциала пород.

Учитывая особенности формирования метаболического профиля животных разных возрастных групп, породной принадлежности и условий разведения скота, необходимо продолжить исследования, связанные с установлением референсных значений с целью возможного использования их при диагностике заболеваний, корректировке кормления и технологии содержания, а также описании фенотипической изменчивости при разных генотипах.

ВЫВОДЫ

1. Среднее значение содержания АсТ в сыворотке крови бычков голштинской породы в возрасте 12–13 месяцев с живой массой 330–365 кг ниже общепринятых нормативных значений и составляет $22,44 \pm 1,29$ Е/л, референсный интервал для данной популяци-

онной выборки находится в пределах от 12,29 (8,67–15,91) до 34,84 (31,2–38,5) Е/л.

2. Установлены различия ($p\text{-value} < 0,05$) между показателями АсТ у потомков разных быков-производителей, что свидетельствует о генетической детерминации уровня АсТ в сыворотке крови. Сила влияние фактора отцовской принадлежности бычков на уровень содержания АсТ в крови составила 18 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Содержание и изменчивость показателей азотистого обмена у крупного рогатого скота голштинской породы в условиях Западной Сибири / О.И. Себежко, Е.А. Климанова, К.Н. Нарожных [и др.] // Вестник НГАУ. – 2022. – № 3(64). – С. 125–133. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-125-133.
2. Protein status of holshtinized Black and White cattle / O.I. Sebezhko, R.V. Mayer, E.I. Tarasenko [et al.] // Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture (FSRAABA 2021): International Scientific and Practical Conference, Tyumen, 19–20 июля 2021 года. – Tyumen: EDP Sciences, 2021. – Vol. 36. – P. 06023.
3. Изменчивость трансаминаzu коров черно-пестрой породы / В. В. Виноградова, Е. В. Дергачева, В. А. Кунгурцева, О. С. Короткевич // Проблемы биологии и биотехнологии: сб. тр. конф. науч. о-ва студентов и аспирантов биол.-технол. фак., Новосибирск, 12–16 дек. 2016 г. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2017. – С. 29–32.
4. Еременко В.И., Горожсанкина Г.А., Стебловская С.Ю. Активность аспартатаминотрансферазы в крови лактирующих коров с разным уровнем продуктивности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С. 24–26.
5. Еременко В.И., Карпенкова К.В. Ферментативный профиль крови у лактирующих коров с разным уровнем продуктивности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 69–70.
6. Воронина Т.Ю., Кочуева Н.А. Активность ферментов крови коров костромской породы с разным уровнем молочной продуктивности // Вестник ветеринарии. – 2012. – № 4(63). – С. 75–76.
7. Фенотипическая изменчивость активности ферментов полновозрастных овцематок романовской породы в условиях Кузбасса / И.Н. Морозов, О.И. Себежко, Е.И. Тарасенко, Е.А. Климанова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 6. – С. 61–65. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_61.
8. Влияние быков-производителей голштинской породы на уровень мочевины в сыворотке крови / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // Зоотехния. – 2021. – № 7. – С. 17–20. – DOI: 10.25708/ZT.2021.93.50.004.
9. Изменчивость показателей азотистого обмена коров черно-пестрой породы в условиях Кузбасса / Е.И. Тарасенко, О.И. Себежко, А.В. Ковалев, И.Н. Морозов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. V Всерос. (нац.) науч. конф., Новосибирск, 18 дек. 2020 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – С. 256–259.
10. Ферментативный статус коров крупного рогатого скота холмогрской породы / О.И. Себежко, О.С. Короткевич, Д.М. Слобожанин, Е.Ю. Росина // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. IV Всерос. (нац.) науч. конф., Новосибирск, 20 дек. 2019 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 97–99.
11. Липидный статус овцематок романовской породы на юге Западной Сибири / И. Н. Морозов, О. И. Себежко, Е. И. Тарасенко, Е. А. Климанова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 7. – С. 71–76. – DOI: 10.53859/02352451_2022_36_7_71.
12. Современные аспекты метаболизма холестерина у крупного рогатого скота / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2(59). – С. 91–105. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-91-105.
13. Targeting aspartate aminotransferase in breast cancer / J.M. Thornburg, K.K. Nelson, B.F. Clem [et al.] // Breast Cancer Res. – 2008. – N. 10 (5). – R84. – DOI: 10.1186/bcr2154.

14. *Contributions of Mitochondrial Dysfunction to β Cell Failure in Diabetes Mellitus* / J. Parnis, A. Rutter Guy // *Mitochondria in Obesity and Type 2 Diabetes*. – Academic Press, 2019. – P. 217–243.
15. *Изменчивость некоторых биохимических показателей у голштинизированных черно-пестрых коров Западной Сибири* / О.И. Себежко, Д.А. Александрова, А.В. Ковалев, И.Н. Морозов // *Модернизация аграрного образования: сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф.*, Томск, 14 дек. 2021 г. – Томск; Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 1135–1138.
16. *Особенности метаболического статуса коров голштинской породы с высоким уровнем продуктивности в период лактации* / Д. А. Александрова, О. И. Себежко, А. В. Ковалев, И. Н. Морозов // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. VI Все-рос. (нац.) науч. конф. с междунар. участием*. Новосибирск, 20 дек. 2021 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 249–251.
17. *Genome-wide association study identifies genetic variants in GOT1 determining serum aspartate aminotransferase levels* / H. Shen, C. Damcott, S. Shuldiner [et al.] // *Journal of Human Genetics*. – 2011. – N 56 (11). – P. 801–805. – DOI: 10.1038/jhg.2011.105.
18. *A heterozygous mutation in GOT1 is associated with familial macro-aspartate aminotransferase* / M. Kulecka, A. Wierzbicka, A. Paziewska [et al.] // *Journal of Hepatology*. – 2017. – N 67 (5). – P. 1026–1030. – DOI: 10.1016/j.jhep.2017.07.003.
19. *Макро-аспартатаминотрансфераза* / Н.Н. Силивончик, А.И. Ледник, О.П. Левчук [и др.] // *Гепатология и гастроэнтерология*. – 2021. – Т. 5, № 1. – С. 25–29.
20. *Mapping of quantitative trait loci affecting resistance/susceptibility to *Sarcocystis miescheriana* in swine* / G. Reiner, D. Kliemt, H. Willems [et al.] // *Genomics*. – 2007. – N 89. – P. 638–646.
21. *Reiner G., Clemens N., Lohner E. SNPs in the porcine GOT1 gene improve a QTL for serum aspartate aminotransferase activity on SSC14* // *Anim Genet*. – 2010. – Jun; Vol. 41 (3). – P. 319–323. – DOI: 10.1111/j.1365-2052.2009.01997.x.].
22. *RNA-Seq Analysis Identifies Differentially Expressed Genes in the Longissimus dorsi of Wagyu and Chinese Red Steppe Cattle* / G. Li, R. Yang, X. Lu [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – N 24. – P. 387. – <https://doi.org/10.3390/ijms24010387>.
23. *Genomewide Association Analyses of Lactation Persistency and Milk Production Traits in Holstein Cattle Based on Imputed Whole-Genome Sequence Data* / V.B. Pedrosa, F.S. Schenkel, S-Y. Chen [et al.] // *Genes*. – 2021. – N 12 (11). – P. 1830.
24. *Genome-wide association study of milk fatty acid composition in Italian Simmental and Italian Holstein cows using single nucleotide polymorphism arrays* / V. Palombo, M. Milanesi, S. Sgorlon [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2018. – N 101. – P. 11004–11019.
25. *Combined transcriptome and proteome analyses reveal differences in the longissimus dorsi muscle between Kazakh cattle and Xinjiang brown cattle* / X. Yan, J. Wang, H. Li [et al.] // *Anim Biosci*. – 2021. – N 34 (9). – P. 1439–1450.
26. *Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia* / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich [et al.] // *Indian journal of ecology*. – 2017. – Vol. 44, N 3. – P. 662–666.
27. *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. Sebezhko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 9. – P. 1530–1535.
28. *Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia* / K.N. Narozhnykh, O.I. Sebezhko, T.V. Konovalova [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes*. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 149.
29. *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, N 4. – P. 866–871.
30. *Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region* / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshcheyev, O.I. Sebezhko [et al.] // *Iraqi journal of veterinary sciences*. – 2017. – Vol. 31, N 1. – P. 35–42. – DOI: 10.33899/ijvs.2017.126708.
31. *Content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia* / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezhko [et al.] // *Russian agricultural sciences*. – 2014. – Vol. 40, N 3. – P. 195–197.

32. *Макро- и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья* / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3 (44). – С. 54–61.
33. *Элементный статус крови крупного рогатого скота голштинской породы в биогеохимических условиях Кемеровской области* / Н.И. Шишин, О.И. Себежко, Ю.И. Федяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3 (44). – С. 70–79.
34. *Ермишин А.С., Тимаков А.В. Биохимические показатели адаптации коров разных пород в условиях Ярославской области* // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 4. – С. 29–39.
35. *Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров* / Г.А. Симонов, М.А. Степурина, А.Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2 (66). – С. 238–247.
36. *Изучение метаболического статуса коров на фоне применения профилактических препаратов* / Н.Ю. Беляева, А.И. Ашенбреннер, Ю.А. Чекункова [и др.] // Вестник НГАУ. – 2019. – № 3. – С. 74–81.
37. *Особенности белкового обмена у быков-производителей разных возрастов* / Н.В. Боголюбова, И.В. Гусев, Р.А. Рыков [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 3. – С. 38–41.
38. *Комбарова Н., Абилов А. Диспансеризация быков-производителей по состоянию иммунной системы и биохимии крови* // Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – № 3. – С. 30–32.
39. *Зарипов Р.У., Миннебаев И.Р., Алимов А.М. Состояние белкового, липидного обмена и резистентности быков-производителей голштинской породы* // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2022. – Т. 251, № 3. – С. 120–123.
40. *Metabolic adaptation in first week after calving and early prediction of ketosis type I and II in dairy cows* / Biljana Delić, Branislava Belić, M.R. Cincović [et al.] // Large Animal. – 2020. – N 26 (2): Large Animal Review (LAR).
41. *Metabolic alterations in dairy cows with subclinical ketosis after treatment with carboxymethyl chitosan-loaded, reduced glutathione nanoparticles* / C. Zhao, Y. Bai, S. Fu [et al.] // J. Vet Intern Med. – 2020. – № 34. – Р. 2787–2799.
42. *Subclinical ketosis risk prediction in dairy cows based on prepartum metabolic indices* / D. Wang, D. Yu, C. Zhao [et al.] // Veterinary Medicine Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. – 2021. – N 73 (01). – Р. 11–17.
43. *Иванюк В. П., Бобкова Г.Н. Влияние нарушений биохимического статуса крови глубокостельных коров на заболеваемость телят* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (93). – С. 141–145.
44. *The evaluation of superoxide dismutase activity, neutrophil function, and metabolic profile in cows with retained placenta* / M.O. Yazlık, H.E. Çolakoğlu, M. Pekcan [et al.] // Theriogenology. – 2019. – N 128. – Р. 40–46.
45. *Камалдинов Е.В., Себежко О.И. Уровень выраженности и изменчивости количественных признаков, характеризующихся негауссовским распределением* // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 4–6 окт. 2017 г. – Новосибирск, 2017. – Т. 1. – С. 194–196.
46. *Белковый состав, активность аминотрансфераз сыворотки крови и показатели естественной резистентности тёлок разных генотипов* / Е.А. Никонова, И.В. Миронова, Т.Н. Коков [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (95). – С. 307–311.
47. *Абилов А.И., Ивасюк А.П., Новгородова И.П. Белково-липидный обмен быков-производителей в условиях Ленинградской области* // Зоотехния. – 2021. – № 7. – С. 25–29. – DOI: 10.25708/ZT.2021.52.90.006.
48. *Белковый состав, активность трансаминаэз сыворотки крови и показатели естественной резистентности бычков мясной породы* / В.В. Толочка, Б.Д. Гармаев, Д.Ц. Гармаев [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2022. – № 2 (67). – С. 109–115.

49. *ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics* / K.R. Friedrichs, K.E. Harr, K.P. Freeman [et al.] // Veterinary clinical pathology. – 2012. – Vol. 41, N 4. – P. 441–453.
50. *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory* – 3th ed.; CLSI Document C28-A3c. Approved guideline. – Wayne, Pa., USA: CLSI, 2010. – 59 p.
51. *CLSI Document C28-A3c. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; approved guideline – third edition*. – Wayne, Pa., USA: CLSI, 2010.

REFERENCES

1. Sebezhko O.I., Klimanova E.A., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Alexandrova D.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 125–133. (In Russ.)
2. Sebezhko O.I., Mayer R.V., Tarasenko E.I., Marenkov V.G. [et al.], Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture (FSRAABA 2021), *International Scientific and Practical Conference*, Tyumen, July 19-20, 2021, Vol. 36, Tyumen: EDP Sciences, 2021, pp. 06023.
3. Vinogradova V.V., Dergacheva E.V., Kungurtseva V.A., Korotkevich O.S., *Problemy biologii i biotekhnologii* (Problems of biology and biotechnology), Proceedings of the conference of the Scientific Society of Students and postgraduates of the Faculty of Biology and Technology, Novosibirsk, December 12-16, 2016, Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoi kolos», 2017, pp. 29–32. (In Russ.)
4. Eremenko V.I., Eremenko V.I., Gorozhankina G.A., Steblovskaya S.Yu., *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020, No. 6, pp. 24–26. (In Russ.)
5. Eremenko V.I., Karpenkova K.V., *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2015, No. 2, pp. 69–70. (In Russ.)
6. Voronina, T.Yu., Kochueva N.A., *Vestnik veterinarii*, 2012, No. 4 (63), pp. 75–76. (In Russ.)
7. Morozov I.N., Sebezhko O.I., Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 6, pp. 61–65. (In Russ.)
8. Sebezhko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., *Zootekhnika*, 2021, No. 7, pp. 17–20. (In Russ.)
9. Tarasenko E.I., Sebezhko O.I., Kovalev A.V., Morozov I.N., *Rol' agrarnoi nauki v ustoichivom razvitiu sel'skikh territorii* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the V All-Russian (National) Scientific Conference, Novosibirsk, December 18, 2020, Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk State Agrarian University “Zolotoi kolos”, 2020, pp. 256–259. (In Russ.)
10. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Slobozhanin D.M., Rosina E.Yu., *Rol' agrarnoi nauki v ustoichivom razvitiu sel'skikh territorii* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the IV All-Russian (National) Scientific Conference, Novosibirsk, December 20, 2019, Novosibirsk: PC NGAU «Zolotoi kolos», 2019, pp. 97–99.
11. Morozov I.N., Sebezhko O.I., Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 7, pp. 71–76. (In Russ.)
12. Sebezhko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Alexandrova D.A., Morozov I.N., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (59), pp. 91–105. (In Russ.)
13. Thornburg J.M., Nelson K.K., Clem B.F., Lane A.N., Arumugam S., Simmons A., Eaton J.W., Telang S., Chesney J., Targeting aspartate aminotransferase in breast cancer, *Breast Cancer Res*, 2008, Vol. 10 (5), R84, DOI: 10.1186/bcr2154. Epub 2008 Oct 15.
14. Parnis J., Rutter Guy A., Contributions of Mitochondrial Dysfunction to β Cell Failure in Diabetes Mellitus, *Mitochondria in Obesity and Type 2 Diabetes*, Academic Press, 2019, pp. 217–243.
15. Sebezhko O.I., Aleksandrova D.A., Kovalev A.V., Morozov I.N., *Modernizatsiya agrarnogo obrazovaniya* (Modernization of agricultural education), A collection of scientific papers based on the materials of the VII International Scientific and Practical Conference, Tomsk, December 14, 2021, Tomsk-Novosibirsk: IC NGAU “Zolotoi kolos”, 2021, pp. 1135–1138. (In Russ.)
16. Aleksandrova D.A., Sebezhko O.I., Kovalev A.V., Morozov I.N., *Rol' agrarnoi nauki v ustoichivom razvitiu sel'skikh territorii* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Collection of the VI All-Russian (National) Scientific Conference with international participation, Novosibirsk, December 20, 2021, Novosibirsk: IC NGAU “Zolotoi kolos”, 2021, pp. 249–251. (In Russ.)

17. Shen H., Damcott C., Shuldiner S. [et al.], Genome-wide association study identifies genetic variants in GOT1 determining serum aspartate aminotransferase levels, *Journal of Human Genetics*, 2011, No. 56 (11), pp. 801–805, DOI:10.1038/jhg.2011.105.
18. Kulecka M., Wierzbicka A., Paziewska A. [et al.], A heterozygous mutation in GOT1 is associated with familial macro-aspartate aminotransferase, *Journal of Hepatology*, 2017, No. 67 (5), pp. 1026–1030, DOI:10.1016/j.jhep.2017.07.003.
19. Silivonchik N.N., Lednik A.I., Levchuk O.P., Plotnikova L.I., *Gepatologiya i gastroenterologiya*, 2021, T. 5, No. 1, pp. 25–29. (In Russ.)
20. Reiner G., Kliemt D., Willems H. [et al.], Mapping of quantitative trait loci affecting resistance/susceptibility to *Sarcocystis miescheriana* in swine, *Genomics*, 2007, No. 89, pp. 638–646.
21. Reiner G., Clemens N., Lohner E., SNPs in the porcine GOT1 gene improve a QTL for serum aspartate aminotransferase activity on SSC14, *Anim Genet*, 2010 Jun, Vol. 41 (3), pp. 319–323, DOI: 10.1111/j.1365-2052.2009.01997.x.]
22. Li G., Yang R., Lu X. [et al.], RNA-Seq Analysis Identifies Differentially Expressed Genes in the Longissimus dorsi of Wagyu and Chinese Red Steppe Cattle, *Int. J. Mol. Sci.*, 2023, Vol. 24, pp. 387, <https://doi.org/10.3390/ijms24010387>.
23. Pedrosa V.B., Schenkel F.S., Chen S-Y. [et al.], Genomewide Association Analyses of Lactation Persistency and Milk Production Traits in Holstein Cattle Based on Imputed Whole-Genome Sequence Data, *Genes*, 2021, No. 12 (11), pp. 1830.
24. Palombo V., Milanesi M., Sgorlon S. [et al.], Genome-wide association study of milk fatty acid composition in Italian Simmental and Italian Holstein cows using single nucleotide polymorphism arrays, *J. Dairy Sci*, 2018, No. 101, pp. 11004–11019.
25. Yan X., Wang J., Li H. [et al.], Combined transcriptome and proteome analyses reveal differences in the longissimus dorsi muscle between Kazakh cattle and Xinjiang brown cattle, *Anim Biosci*, 2021, No. 34 (9), pp. 1439–1450.
26. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A., Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia, *Indian J. of ecology*, 2017, Vol. 44, No. 3, pp. 662–666.
27. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E., 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.
28. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I., Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 149.
29. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyayev J.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Demetiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I., 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, No. 4, pp. 866–871.
30. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narizhnykh K.N., Petukhov V.L., Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi J of veterinary sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42, DOI 10.33899/ijvs.2017.126708.
31. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., Barinov Y.E., Konovalova T.V., Content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia, *Russian agricultural sciences*, 2014, Vol. 40, No. 3, pp. 195–197.
32. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A., Cherevko A.S., Shishin A.I., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Slobozhanin D.M., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 54–61. (In Russ.)
33. Shishkin N.I., Sebezhko O.I., Fedyayev Yu.I., Skiba T.V., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 70–79. (In Russ.)
34. Ermishin A.S., Timakov A.V., *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2015, No. 4, pp. 29–39. (In Russ.)

35. Simonov G.A., Stepurina M.A., Varakin A.T., Zoteev V.S., Simonov A.G., Vorontsova E.S., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2022, No. 2 (66), pp. 238–247. (In Russ.)
36. Belyaeva N.Yu., Ashenbrenner A.I., Chekunkova Yu.A., Hapersky Yu.A., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 3, pp. 74–81. (In Russ.)
37. Bogolyubova N.V., Gusev I.V., Rykov R.A., Kombarova N.A., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2019, No. 3, pp. 38–41. (In Russ.)
38. Kombarova N., Abilov A., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2009, No. 3, pp. 30–32. (In Russ.)
39. Zaripov R.U., Minnebaev I.R., Alimov A.M., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*, 2022, T. 251, No. 3, pp. 120–123.
40. Delić B. [et al.], Metabolic adaptation in first week after calving and early prediction of ketosis type I and II in dairy cows, *Large Animal*, 2020, No. 26 (2): Large Animal Review (LAR).
41. Zhao C. [et al.], Metabolic alterations in dairy cows with subclinical ketosis after treatment with carboxymethyl chitosan-loaded, reduced glutathione nanoparticles, *J. Vet Intern Med.*, 2020, No. 34, pp. 2787–2799.
42. Wang D. [et al.], Subclinical ketosis risk prediction in dairy cows based on prepartum metabolic indices, *Veterinary Medicine Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 2021, No. 73 (01).
43. Ivanyuk V.P., Bobkova G.N., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 1 (93), pp. 141–145. (In Russ.)
44. Yazlik M.O. [et al.], The evaluation of superoxide dismutase activity, neutrophil function, and metabolic profile in cows with retained placenta, *Theriogenology*, 2019, No. 128, pp. 40–46.
45. Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I., *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii* (Agricultural Science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), Collection of scientific reports of the XX International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 04–06 October 2017. Volume Part 1. – Novosibirsk: Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 194–196. (In Russ.)
46. Nikanova E.A., Mironova I.V., Kokov T.N., Kokov T.N., Bykova O.A., Rebezov M.B., Lukina M.G., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 3 (95), pp. 307–311. (In Russ.)
47. Abilov A.I., Ivasyuk A.P., Novgorodova I.P., *Zootehnika*, 2021, No. 7, pp. 25–29. (In Russ.)
48. Tolochka V.V., Garmaev B.D., Garmaev D.Ts., Kosilov V.I., *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova*, 2022, No. 2 (67), pp. 109–115. (In Russ.)
49. Friedrichs K.R., Harr K.E., Freeman K.P. [et al.], ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics, *Veterinary clinical pathology*, 2012, Vol. 41, No. 4, pp. 441–453.
50. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory – 3th ed.; *CLSI Document C28-A3c*. Approved guideline – Wayne, Pa., USA: CLSI, 2010, 59 p.
51. *CLSI Document C28-A3c*. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; approved guideline — third edition. Wayne, Pa., USA: CLSI; 2010.

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-198-209

УДК 619:615:636.934.57.082

ВЛИЯНИЕ БИОСТИЛА НА РЕПРОДУКТИВНУЮ СПОСОБНОСТЬ АМЕРИКАНСКИХ НОРОК ГЕНОТИПА STANDARD DARK BROWN С РАЗНОЙ ОБОРОНИТЕЛЬНОЙ РЕАКЦИЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА

¹Е.А. Сысоева, аспирант

¹О.В. Распушкина, доктор ветеринарных наук, профессор, доцент

²О.В. Трапезов, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: sysoeva_ea@nsau.edu.ru

Ключевые слова: американская норка, Биостил, репродуктивная способность, оборонительная реакция, сохранность.

Реферат. Представлены результаты исследований по изучению влияния разных доз Биостила при оральном введении на репродуктивную способность самок американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) с положительной и отрицательной оборонительной реакцией на человека. Исследования проведены на кафедре акушерства, анатомии и гистологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ и на базе сектора «Генетика куньих» ЦКП «Генофонды пушных и сельскохозяйственных животных» ИЦиГ СО РАН. В технологии размножения животных опытных и контрольных групп была использована общепринятая на звероводческих фермах система проведения гона. Биостил применяли самкам и самцам американской норки Standard dark brown (+/+) ручного и агрессивного типов поведения в дозе 0,05 мл/кг и 0,025 мл/кг массы тела перед спариванием в течение 5 дней и в период спаривания в течение 5 дней. Эффективность использования Биостила с целью улучшения репродуктивной функции самок зависела от его дозы и типа поведения животных. По сравнению с норками контрольных групп у самок опытных групп отмечены более высокие показатели репродуктивной способности. В группе ручных самок, получавших препарат с корнем в дозе 0,05 мл/кг массы тела, отсутствовали прохолостевые самки, повысилась сохранность щенят в первые 7 дней жизни в 3,8 раза, наблюдалась тенденция к сокращению мертворождений. Выраженное благоприятное действие оказала Биостил на репродукцию самок агрессивного типа поведения в дозе 0,025 мл/кг массы тела: увеличился интегральный показатель размножения на 1,13 гол. и количество благополучно ощенившихся самок на 17%, снизилось количество самок без приплода в 5,9 раза, сократился падеж норчат в первые 7 дней жизни на 3,9%. Абсолютная масса тела потомства самок к моменту отсадки повысилась на 19,2–24,5%, к 6–7-месячному возрасту – на 4–11%.

INFLUENCE OF BIOSTEEL ON THE REPRODUCTIVE ABILITY OF AMERICAN MINK STANDARD DARK BROWN GENOTYPE WITH DIFFERENT DEFENSIVE RESPONSE TO HUMANS

¹Е.А. Сысоева, PhD student

¹О.В. Распушкина, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Associate Professor

²О.В. Трапезов, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

E-mail: sysoeva_ea@nsau.edu.ru

Keywords: American mink, Biosteel, reproductive ability, defensive reaction, safety.

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of different doses of Biosteel, when administered orally, on the reproductive ability of American mink females of the Standard dark brown (+/+) genotype with a positive and negative defensive reaction to humans. The studies were carried out at the Department of Obstetrics, Anatomy and Histology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Novosibirsk State Agrarian University and based on the Mustelidae Genetics Sector of the Center for Collective Use “Gene Pools of Fur and Agricultural Animals” of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. In the technology of reproduction of animals of the experimental and control groups, the system of conducting the rut, generally accepted on fur farms, was used. Biosteel was applied to females and males of Standard dark brown (+/+) American mink of manual and aggressive types of behaviour

at a dose of 0.05 ml/kg and 0.025 ml/kg of body weight before mating for five days and during mating for five days. The effectiveness of using Biosteel to improve the reproductive function of females depended on its dose and the type of animal behaviour. Compared with the minks of the control groups, the females of the experimental groups showed higher rates of reproductive ability. In the group of tame females that received the drug with food at a dose of 0.05 ml/kg of body weight, there were no dead females, the survival of puppies in the first seven days of life increased by 3.8 times, and there was a tendency to reduce stillbirths. Biosteel had a pronounced beneficial effect on the reproduction of females with an aggressive type of behaviour at a dose of 0.025 ml/kg of body weight: the integral reproduction index increased by 1.13 heads. And the number of females that successfully whelped by 17%, the number of females without offspring decreased by 5.9 times, and the mortality of minnows in the first seven days of life declined by 3.9%. The absolute body weight of the offspring of females by the time of jiggling increased by 19.2 – 24.5%, and by 6 – 7 months of age – by 4 – 11%.

Регулирование репродуктивной функции пушных зверей является одной из первостепенных задач современного звероводства.

Основными причинами снижения репродуктивной способности являются негативное воздействие на организм норок стресс-факторов, эмбриональная смертность, физическая и физиологическая неподготовленность зверей к спариванию, неправильное кормление, содержание и др.

В звероводческих хозяйствах около 20 % самок, используемых в производстве, не дают приплода, из них 15 % являются бесплодными и 5 % самок рождают мертвых щенков или щенков, погибающих в первые дни жизни [1].

Бесплодие самок пушных зверей является многофакторным явлением и вызывается отсутствием охоты (прохолостением), при котором самка не допускает самца к спариванию, неоплодотворением покрытых самок, гибелью и рассасыванием эмбрионов,abortами [1].

Е.Д. Ильина и Г.А. Кузнецова [2], опираясь на зоотехнологический учет, относят неоплодотворенных самок и тех, у которых не была зарегистрирована имплантация эмбрионов, к группе пропустивших.

Исследования ряда авторов показали, что примерно у 60 % пропустивших самок эмбрионы гибнут на разных стадиях развития. При этом около 30 % эмбрионов гибнет в латентную фазу, когда происходит свободное перемещение эмбрионов, миграция из рога в рог матки. После имплантации гибель эмбрионов составляет около 70 % [2–4].

Наличие в помете мертворожденных щенков указывает на причины, приходящиеся на эмбриональный период. Согласно данным А. Ханссона, неоднократно сообщавшего о высокой внутриутробной смертности плодов норок, выращиваемых на звероводческих фермах, это может быть связано с продолжительностью беременности: 84% овулировавших яйцеклеток имплантируются, но из-за повышенной смертности во время эмбрио-

нальной диапаузы только 50% остаются жизнеспособными [1, 5–8].

Дополнительно необходимо учитывать генетически детерминированную эмбриональную смертность, при которой некоторые щенки могут быть носителями хромосомных aberrаций, и даже при имплантации таких эмбрионов может произойти их гибель в течение беременности.

Наличие дифференциальной смертности связано с соотношением полов эмбрионов. Согласно эволюционной теории пола, предложенной В.А. Геодакяном [9], повышенная смертность мужского пола по сравнению с женским связана с наследованием большего числа мутаций и меньшей аддитивностью наследования родительских признаков.

Более широкая норма реакции женского пола повышает его пластичность в онтогенезе, что снижает смертность особей, в результате чего лучше сохраняется генотипическое распределение, передаваемое следующему поколению. Наоборот, узкая норма реакции мужского пола делает его менее пластичным в онтогенезе, не позволяет покинуть «опасные» зоны и подвергает большей элиминации (естественный отбор) и репродуктивной дискриминации (половой отбор), в результате чего потомство удается оставить только малой доле самцов [9].

Дифференциированная смертность может затрагивать разные уровни развития плода, включая не только эмбриональный, но и постэмбриональный период. В большей степени это может быть обусловлено влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды и низкой молочностью матери [10], приводящей к лактационной дистрофии и невозможности самок выкормить большее количество щенков в помете.

Дополнительно необходимо отметить, что на состояние репродуктивной функции американских норок влияют мутации, затрагивающие окраску меха, которые, оказывая сильное плейотропное действие, не только снижа-

ют общую помехоустойчивость организма, но и угнетают репродуктивную способность, увеличивая пренатальную и постнатальную смертность потомства [11–13].

В большинстве случаев гомозиготность по мутациям в той или иной мере снижает плодовитость. Это было особенно очевидно с алеутским (*a/a*) геном, который приводил к значительному снижению плодовитости в гомозиготном состоянии. У около 20% самок, гетерозиготных по гену, затрагивающему окраску, описывались различные пороки развития матки, шейки матки и влагалища, препятствующие зачатию [14].

Фармакологический фактор оказывает значительное влияние на репродуктивную способность американских норок и жизнеспособность приплода. При добавлении в рацион кедровой муки у животных увеличивается масса тела, плодовитость самок и сохранность приплода, снижается вероятность неблагополучных родов и количество мертворожденных щенков [15].

Положительное влияние на щенков норок оказывают селенорганические кормовые добавки. У щенков опытных групп увеличивается прирост массы тела на 8,1–11,5%, обхват груди на 7,8–11,8%, повышается количество эритроцитов, концентрация общего кальция и неорганического фосфора [16].

Генотипически обусловленный эффект на репродукцию норок оказывает ветеринарный препарат Биостил, который представляет собой водный раствор биологически активных веществ синтетического и природного происхождения [17].

Применение препарата стимулирует репродуктивную функцию у норок Standard dark brown (+/+). У дирецессивных мутантных Sapphire и Lavender отмечается обратная реакция в виде угнетения репродукции, что выражается снижением делового выхода

щенков, увеличением количества мертворожденных щенков в помете, снижением их жизнеспособности в первые 10 дней жизни [18–20].

Цель настоящей работы – изучение влияния лекарственного ветеринарного средства Биостил на репродуктивную функцию американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) с положительной и отрицательной оборонительной реакцией на человека.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на кафедре акушерства, анатомии и гистологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ и на базе сектора «Генетика куньих» ЦКП «Генофонды пушных и сельскохозяйственных животных» ИЦиГ СО РАН.

Объектом исследования являлись американские норки генотипа Standard dark brown (+/+) с положительной и отрицательной реакцией на человека и комплексный ветеринарный препарат Биостил, представляющий собой прозрачный раствор от желтого до светло-коричневого цвета, pH 7,5–8,5. В качестве активнодействующих веществ содержит антисептик-стимулятор Дорогова (АСД Ф-2) и ортокрезоксиацетат/2-оксиэтил/аммония – аммониевую соль ортокрезоксикусной кислоты.

Для проведения исследований перед гоном были сформированы контрольные и опытные группы животных-аналогов из клинически здоровых взрослых американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) с разной оборонительной реакцией на человека. Для создания родительских пар и получения потомства за самками были закреплены самцы Standard dark brown (+/+) (табл. 1).

Таблица 1

Количество самцов и самок Standard dark brown (+/+) для опыта
The number of males and females Standard dark brown (+/+) for the experiment

Тип поведения	Группа	Количество самок и самцов для создания родительских пар	
		самки	самцы
Ручные	1-я контрольная	52	50
	1-я опытная	26	19
	2-я опытная	20	18
Агрессивные	2-я контрольная	62	60
	3-я опытная	28	15
	4-я опытная	28	15

После формирования групп было проведено взвешивание животных с помощью электронных весов HS-3001 с точностью до 0,01 г для определения индивидуальной дозировки препарата.

Биостил применяли самкам и самцам американской норки Standard dark brown (+/+) ручного и агрессивного типов поведения в дозе 0,05 и 0,025 мл/кг перед спариванием в течение 5 дней и в период спаривания в течение 5 дней (табл.2).

Таблица 2

Схема проведения опыта
Scheme of the experiment

Группа	Доза, мл/кг	Путь введения	Кратность	Продолжительность
<i>Ручные</i>				
1-я опытная	0,05	Перорально	1 раз в сутки	5 дней до спаривания, 5 дней в период спаривания
2-я опытная	0,025	Перорально	1 раз в сутки	5 дней до спаривания, 5 дней в период спаривания
Контрольная				
Препарат не задавали				
<i>Агрессивные</i>				
1-я опытная	0,05	Перорально	1 раз в сутки	5 дней до спаривания, 5 дней в период спаривания
2-я опытная	0,025	Перорально	1 раз в сутки	5 дней до спаривания, 5 дней в период спаривания
Контрольная				
Препарат не задавали				

Животных содержали на норковой ферме в шедах, по одному в домике, состоящем из двух частей: деревянного домика с подстилкой из соломы и клетки для выгула с кормушкой и поилкой. Кормление во всех группах было одинаковым.

В период технологического гона проводилось наблюдение за общим состоянием и поведением самок в контрольных и опытных группах, фиксировались сроки наступления гона, число покрытий, даты покрытий.

В технологии размножения животных была использована общепринятая на звероводческих фермах система проведения гона [21].

Для определения показателей репродуктивной способности самки проводили ежедневный контроль рождаемости щенков путем проверки гнезда и подсчета количества щенков в гнезде в день родов, на 7-й и 40–45-й день после родов. Осмотр, подсчет и взвешивание норчат осуществляли в утреннее время, выводя самку из гнезда.

Далее проводили оценку следующих показателей в контрольных и опытных группах:

– количество покрытий самок опытных и контрольных групп;

– количество благополучно ощенившихся самок (отношение самок, принесших живых щенков на момент рождения, к общему количеству самок в группе на начало опыта, выраженное в процентах);

– количество неблагополучно ощенившихся самок (отношение самок, у которых все щенки родились мертвыми или погибли до регистрации, к общему количеству самок в группе, выраженное в процентах);

– количество покрытых самок (отношение самок, пришедших в охоту и допустивших самца, к общему количеству самок в группе, выраженное в процентах);

– количество самок, не пришедших в охоту (отношение самок, не пришедших в охоту, к общему количеству самок в группе, выраженное в процентах);

– количество пропустивших самок (отношение покрытых самок, но не давших приплода, к общему количеству самок в группе, выраженное в процентах);

– выход щенков на основную самку – интегральный показатель размножения (зарегистрировано норчат на 7-й, 45-й день после рождения, норчат на конец июля, норчат на конец августа в расчете на 1 самку в группе);

– выход щенков на благополучно ощенившуюся самку (зарегистрировано норчат на 7-й, 45-й день после рождения, норчат на конец июля, норчат на конец августа в расчете на благополучно ощенившуюся самку);

– выход мертворожденных щенков (отношение количества щенков в группе, рожденных мертвыми, к общему количеству рожденных щенков в группе, выраженное в процентах).

Для оценки результатов роста и развития потомства учитывали сохранность щенков в 7- и 40–45-дневном возрасте и в последующие два месяца (июль, август), абсолютную массу тела при рождении, в 40–45-дневном и 6–7-месячном возрасте.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами была проведена оценка влияния Биостиля на жизнеспособность приплода и

репродуктивные показатели самок Standard dark brown (+/+) ручного типа поведения.

Из данных табл. 3 следует, что у самок 2-й опытной группы, получавших Биостиль в дозе 0,025 мл/кг массы тела, регистрируется наибольшее количество трехкратных покрытий: на 20–23% больше, чем в группах сравнения. Среди самок указанной группы отсутствуют прохолостевые, количество которых преобладает во 1-й опытной группе и составляет 7,7% (в контрольной – 5,6%).

Показатели репродукции самок и оценка жизнеспособности щенят представлены в табл. 4, 5.

Таблица 3

Количество покрытий у самок Standard dark brown (+/+) с ручным типом поведения
The number of coatings in females Standard dark brown (+/+) with a manual type of behaviour

Группа	Количество покрытых самок, %			
	трехкратно	двукратно	один раз	прохолостевые
Контрольная	53,84	25,00	15,39	5,77
1-я опытная	50,00	19,23	23,08	7,69
2-я опытная	70,00	15,00	15,00	0

Таблица 4

Репродуктивные показатели американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) с ручным типом поведения

Reproductive indicators of American minks of the Standard dark brown (+/+) genotype with a manual type of behaviour

Показатель		Группа		
		контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Количество самок, гол.		52	26	20
Благополучно ощенившиеся, гол./%		38/73,08	17/65,38	14/70
Неблагополучно ощенившиеся, (пустые + холостые), гол./%		14/26,92	9/34,62	6/30
Самки без приплода, гол./%	прохолостевые (не покрытые)	3/5,77	3/11,54	0/0
	пропустившие (не принесли щенков)	11/21,15	6/23,08	6/30
Родились норчат живых	на 1 благополучно ощенившуюся самку	4,73±0,24	5,12±0,44	4,86±0,67
	на 1 основную самку	3,67±0,54	3,78±0,57	3,4±0,68
Живых + мертвых	мертворожденных, %	3,74	4,23	3,33
	на 1 благополучно ощенившуюся самку	4,92±0,25	5,29±0,4	5,07±0,75
	на 1 основную самку	3,82±0,35	3,91±0,57	3,55±0,74
Пало норчат в первые 7 дней жизни, %		16,11	6,9	4,23

Таблица 5

Количество зарегистрированных норчат от самок Standard dark brown (+/+) с ручным типом поведения, гол

Registered Kitts from females Standard dark brown (+/+) with the manual type of behaviour, heads

Группа	Время исследования			
	7-й день после рождения	в возрасте 40-45 дней	июль	август
<i>На благополучно ощенившуюся самку</i>				
Контрольная	3,97±0,28	3,29±0,29	3,29±0,29	3,29±0,29
1-я опытная	4,35±0,57	4,06±0,66	4,06±0,66	4,06±0,66
2-я опытная	4,00±0,68	3,50±0,70	3,50±0,70	3,50±0,70
<i>На основную самку</i>				
Контрольная	3,08±0,32	2,55±0,31	2,55±0,31	2,55±0,31
1-я опытная	3,21±0,58	3,00±0,58	3±0,58	3,00±0,58
2-я опытная	2,80±0,63	2,45±0,61	2,45±0,61	2,45±0,61

Среди самок опытных групп увеличилось количество неблагополучно ощенившихся: в 1-й группе – на 7,7%, во 2-й – на 3%. Количество непокрытых самок в 1-й опытной группе повысилось в 2 раза, а во 2-й группе такие самки отсутствовали. У самок опытных групп сократилось количество норчат, павших в течение первых семи дней жизни на 2,6 и 12,0% соответственно, отмечается тенденция к сокращению мертворождений.

Количество зарегистрированных норчат в группах сравнения в возрасте 7 дней, 40–45 дней, а также в июле и августе на благополучно ощенившуюся самку и на основную самку

не отличалось (см. табл. 5). Сохранность щенков к моменту отсадки в контрольной группе составила 82,8%, в 1-й группе (доза препарата 0,05 мл/кг массы тела) – 93,24%, во 2-й (доза препарата 0,025 мл/кг массы тела) – 87,5%.

Абсолютная масса тела щенков при рождении, к моменту отсадки и в последующие периоды наблюдения была меньше в опытных группах: на 20,7% у новорожденных самцов 1-й группы и на 13,9–14,4% у самцов и самок 2-й группы к моменту отсадки, на 8,7–8,9% у самцов опытных групп к 6–7-месячному возрасту (табл. 6).

Таблица 6

Абсолютная масса тела потомства самок Standard dark brown (+/+) с ручным типом поведения
Absolute body weight of the offspring of females Standard dark brown (+/+) with manual

Группа	Возраст					
	новорожденные		40 – 45 дней		6 – 7 мес	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Контрольная	8,56±0,21	9,53±0,24	434,54±8,82	554,52±11,51	1220±14,25	2003,98±34,13
1-я опытная	7,75±0,27	7,55±0,55**	412,05±10,78	525,18±15,1	973,21±20,04	1829,5±45,11**
2-я опытная	8,50±0,21	8,36±0,35	371,82±14,47***	477,41±27,38**	966,15±18,83	1823,64±36,67***

* p <0,05; ** p <0,01; *** p <0,001.

Относительный прирост, или скорость роста, самок и самцов в первый период (от рождения до отсадки от матерей) практически не различались. Во второй период (от отсадки до 6–7-месячного возраста) скорость роста у самок опытных и контрольной группы

снизилась в 2–2,4 раза по сравнению с предшествующим периодом. У самцов энергия роста была выше, чем у самок, и снизилась к 6–7-месячному возрасту на менее значительную величину – в 1,7 раза (рис. 1).

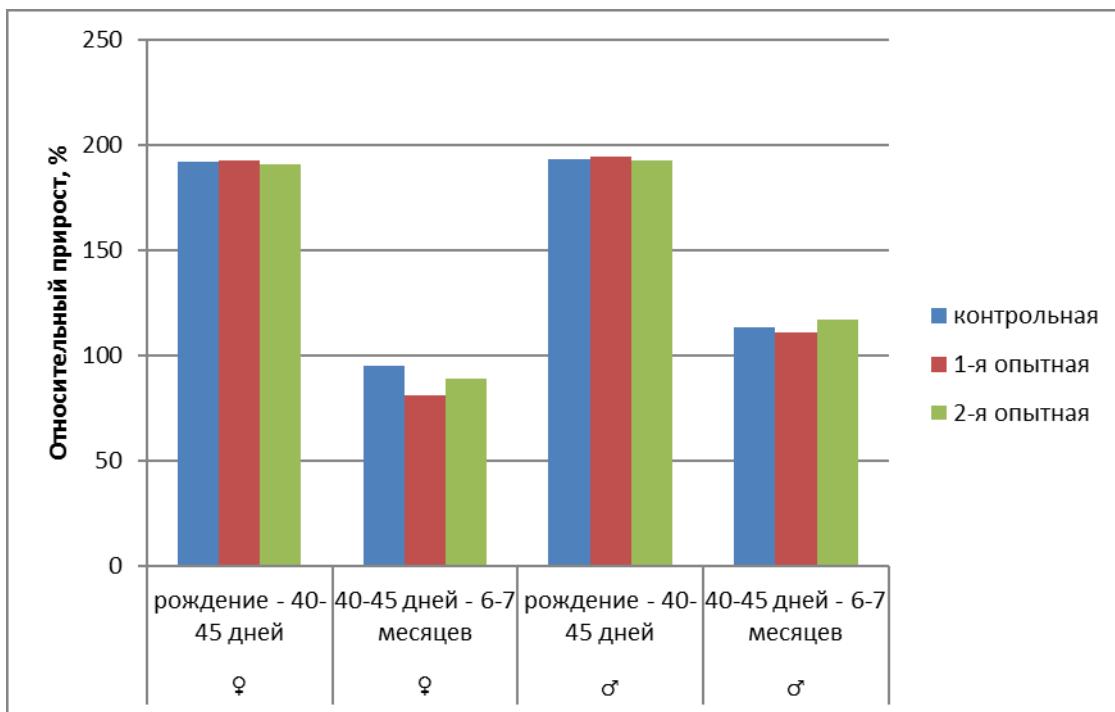


Рис. 1. Динамика относительного прироста массы тела потомства самок Standard dark brown (+/+) с ручным типом поведения

Fig. 1. Dynamics of the relative increase in body weight of the offspring of females Standard dark brown (+/+) with a manual type of behaviour

Далее была проведена оценка влияния Биостиля на жизнеспособность приплода и репродуктивные показатели самок Standard dark brown (+/+) агрессивного типа поведения.

Результаты оценки воспроизводительной функции норок представлены в табл. 7, 8. В

соответствии с данными табл. 7, наибольшее количество трехкратно и однократно покрытых самок регистрируется в опытных группах, преимущественно в 1-й. В этих группах, в отличие от контроля, отсутствуют прохолостевые самки.

Таблица 7

Количество покрытий у самок Standard dark brown (+/+) с агрессивным типом поведения
The number of coatings in females Standard dark brown (+/+) with an aggressive type of behaviour

Группа	Количество покрытых самок, %			
	трехкратно	двукратно	один раз	прохолостевые
Контрольная	45,17	40,32	12,90	1,61
1-я опытная	60,72	14,28	25,00	0
2-я опытная	53,57	21,43	25,00	0

Количество благополучно ощенившихся самок во 2-й группе (доза Биостиля 0,025 мл/кг массы тела) превосходило этот показатель в 1-й группе на 25%, в контрольной – на 17,4%. В данной группе значительно сократилось количество самок без приплода (пропустившие самки): по сравнению с контролем в 5,4 раза, по сравнению с 1-й опытной группой (доза препарата 0,05 мл/кг массы тела) в 8 раз. Родилось живых норчат на одну основную самку на 1,13 гол. больше, чем в группе контроля и на 1,46 гол. по сравнению с 1-й группой. Количество мертворожденных сни-

зилось на 0,89%, а павших в первые 7 дней жизни на 3,9% (см. табл. 8).

Количество зарегистрированных норчат на одну основную самку во 2-й группе на момент отсадки и в течение последующих двух месяцев наблюдения достоверно превышало этот показатель в контрольной и в 1-й группе и составило $4,82 \pm 0,41$ (табл. 9).

Сохранность щенков в возрасте 40 – 45 дней составила в контрольной группе 97,8%, в 1-й группе (доза препарата 0,05 мл/кг массы тела) – 89,6, во 2-й (доза препарата 0,025 мл/кг массы тела) – 98,5%.

Таблица 8

Репродуктивные показатели американских норок Standard dark brown (+/+) с агрессивным типом поведения

Reproductive performance of American mink Standard dark brown (+/+) with aggressive behavior

Показатель		Группа		
		контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Количество самок, гол.		62	28	28
Благополучно ощенившиеся, гол./%		49/79,03	20/71,43	27/96,43
Неблагополучно ощенившиеся, (пустые + холостые), гол./%		13/20,97	8/28,57	1/3,57
Самки без приплода, гол./%	прохолостевшие (не покрытые)	1/1,61	0/0	0/0
	пропустившие (не принесли щенков)	12/19,35	8/28,57	1/3,57
Родились норчат	живых	на 1 благополучно ощенившуюся самку	5,08±0,27	5,25±0,42
		на 1 основную самку	4,08±0,34	3,75±0,55
	живых + мертвых	мертворожденных, %	3,49	1,87
		на 1 благополучно ощенившуюся самку	5,26±0,33	5,35±0,39
		на 1 основную самку	4,23±0,37	3,82±0,54
Пало норчат в первые 7 дней жизни, %		10,04	6,67	6,16

* p <0,05.

Таблица 9

Количество зарегистрированных норчат от самок Standard dark brown (+/+) с агрессивным типом поведения, гол.

Registered Kitts from females Standard dark brown (+/+) with an aggressive type of behaviour, heads

Группа	Время исследования			
	7-й день после рождения	40–45 дней	июль	август
<i>На благополучно ощенившуюся самку</i>				
Контрольная	4,76±0,28	4,47±0,31	4,43±0,33	4,43±0,33
1-я опытная	4,57±0,30	4,3±0,52	4,30±0,52	4,30±0,52
2-я опытная	5,07±0,37	5,00±0,40	5,00±0,40	5,00±0,40
<i>На основную самку</i>				
Контрольная	3,67±0,34	3,59±0,34	3,56±0,33	3,56±0,33
1-я опытная	3,25±0,51	3,07±0,52	3,07±0,52	3,07±0,52
2-я опытная	4,89±0,40	4,82±0,41*	4,82±0,41*	4,82±0,41*

* p <0,05.

Абсолютная масса тела новорожденных самцов во 2-й группе была ниже, чем в контрольной, на 12,7%. В возрасте 40–45 дней значение этого показателя у всех животных

опытных групп возрастало по сравнению с контролем: в 1-й группе на 25–27%, во 2-й – на 19–24% (p <0,001) (табл. 10).

Таблица 10

Абсолютная масса тела приплода самок Standard dark brown (+/+) с агрессивным типом поведения
 Absolute body weight of offspring of females Standard dark brown (+/+) with an aggressive type of behaviour

Группа	Возраст					
	новорожденные		40–45 дней		6 – 7 мес	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
Контрольная	9,23±0,23	10,22±0,16	416,55±8,34	503,62±9,07	1062,83±13,17	1960,04±16,24
1-я опытная	9,31±0,27	9,28±0,33	521,19±13,79***	639,76±23,25***	1193,35±15,81***	2028,33±47,01
2-я опытная	9,14±0,26	8,92±0,32**	496,47±7,68***	627,00±9,85***	1176,33±15,23***	2034,34±24,58**

*p <0,05, **p <0,01, ***p <0,001 по сравнению с контрольной группой животных.

К 6–7-месячному возрасту тенденция повышения показателя абсолютной массы тела у норок опытных групп по сравнению с контролем сохраняется, и в большей степени у самок: на 12,2% в 1-й группе и 10,8% во 2-й. У самцов достоверное повышение абсолютной массы тела на 3,8% отмечено только при добавлении Биостиля в дозе 0,025 мл/кг.

Относительный прирост массы тела, отражающий скорость роста животного, в первый период постнатального развития (от рождения до отсадки от матерей) характеризовался превышением показателя в опытных группах самок и самцов, получавших с кормом Биостиль в дозе 0,025 мл/кг массы тела (рис. 2).

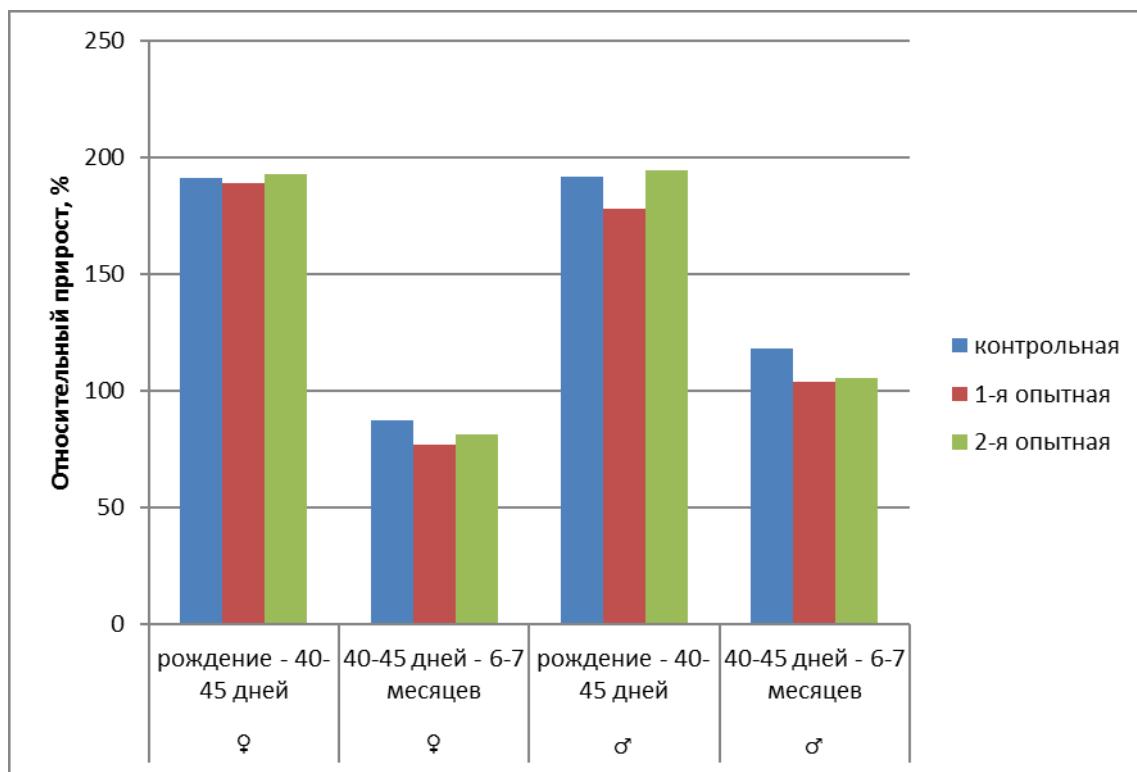


Рис. 2. Динамика относительного прироста массы тела потомства самок Standard dark brown (+/+) с агрессивным типом поведения

Fig. 2. Dynamics of the relative increase in body weight of the offspring of females Standard dark brown (+/+) with an aggressive type of behaviour

К 6–7-месячному возрасту скорость роста у агрессивных самок снижается в 2,2–2,4 раза, а у самцов – в 1,6–1,8 раза, и более значительно в группах агрессивных самцов и самок, получавших Биостил в дозе 0,025 мл/кг массы тела. При этом абсолютная масса тела у животных указанных групп была достоверно выше, чем в контрольной группе.

ВЫВОДЫ

1. Полученные данные указывают на разнонаправленное, дозозависимое действие Биостила на организм американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) в зависимости от их поведенческих реакций.

2. Выраженный благоприятный эффект на репродуктивную функцию норок ручного типа поведения и жизнеспособность норчат в первые 7 дней жизни оказывает Биостил в дозе 0,05 мл/кг массы тела перед спариванием в течение 5 дней и в период спаривания в течение 5 дней. Использование Биостила в

указанной дозе приводит к улучшению некоторых показателей репродуктивной функции, что сопровождается увеличением числа трехкратных покрытий, отсутствием прохолостевых самок, а также повышением сохранности щенят в первые 7 дней жизни в 3,8 раза. В то же время повышается количество пропустивших самок.

3. Наиболее выраженное благоприятное действие Биостила наблюдается при его использовании американской норке Standard dark brown (+/+) агрессивного типа поведения в дозе 0,025/кг массы тела перед спариванием в течение 5 дней и в период спаривания в течение 5 дней. Использование данного способа позволяет повысить количество благополучно ощенившихся самок на 17%, уменьшить количество самок без приплода в 5,9 раза, увеличить интегральный показатель размножения на 1,13 гол., сократить падеж норчат в первые 7 дней жизни на 3,9%, увеличить абсолютную массу тела норчат к моменту отсадки на 19,2–24,5%, к 6–7-месячному возрасту – на 4–11%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Майорова Т.В. Генетические факторы и бесплодие норок // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2007. – № 11. – С. 162–170.
2. Ильина Е.Д., Кузнецов Г.А. Основы генетики и селекции пушных зверей. – М.: Колос, 1983. – 279 с.
3. Абрамов М.Д., Бернацкий В.Г., Носова Н.Г. О причинах пропустования и малоплодия норок // Науч. тр. НИИПЗК. – 1970. – Т. 9. – С. 129–132.
4. Абрамов М.Д. Причины бесплодия и меры повышения репродуктивных свойств норок // Интенсификация производства клеточной пушнины. – М.: Россельхозиздат, 1976. – С. 57–67.
5. Sundqvist C., Amador A. G., Bartke A. Reproduction and fertility in the mink (Mustela vison) // Society for Reproduction and Fertility. – 1989. – Vol. 85. – P. 413–441.
6. Hansson A. The physiology of reproduction in mink (Mustela vison Schreber) with special reference to delayed implantation // Acta Zoologica. – 1947. – Vol. 28. – P. 1–136.
7. Mead R.A. Embryonic diapause in vertebrates // Journal of Experimental Zoology. – 1993. – Vol. 266. – P. 629–641.
8. Mead R.A. Delayed implantation in mustelids, with special emphasis on the spotted skunk // Journal of Reproduction and Fertility Supplements. – 1981. – Vol. 29. – P. 11–24.
9. Геодакян В.А. Половой диморфизм // Биологический журнал Армении. – 1986. – №10. – С. 823–834.
10. Береснева А.С., Шалаева И.В. Сохранность и рост щенков норок ЗАО «Зверохозяйство "Гурьевское"» в молочный период // Вестник молодежной науки. – 2019. – №1. – С. 14.
11. Модулирующее действие мутаций генов, затрагивающих окраску волосяного покрова, на генерацию и нейтрализацию активных форм кислорода. Американская норка (Neovison vison) как модель / С.Н. Сергина, В.А. Илюха, И.В. Баишникова [и др.]. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – № 19. – С. 296–302.
12. Харламова А.В., Трапезов О.В. Плейотропный эффект мутации Black crystal на репродуктивные показатели у американской норки (Mustela vison) // Генетика. – 1999. – № 6. – С. 765–770.

13. Reissmann M., Ludwig A. Pleiotropic effects of coat colour-associated mutations in humans, mice and other mammals // *Seminars in Cell and Developmental Biology*. – 2013. – Vol. 24. – P. 6–7.
14. Сысоева Е.А., Распутина О.В., Трапезов О.В. Репродуктивная способность американских норок // Вопросы ветеринарной науки и практики. – Новосибирск, 2021. – С. 49–52.
15. Молькова А.А., Носырева Ю.Н. Воспроизводительные способности и продуктивные качества норок при использовании кедровой муки. – Иркутск: Изд-во Иркут. ГАУ, 2018. – 120 с.
16. Яппаров И.А. Фармако-токсикологические исследования и применение селеногранических кормовых добавок в животноводстве: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Краснодар, 2012. – 38 с.
17. Патент 2282973 Российской Федерации, МПК A61K 31/14, A61K 31/205, A61K 35/12, A61K 31/32, A61K 35/34. Препарат для стимуляции роста и развития животных и способ его применения / патентообладатель: ЗАО «Росветфарм». – №. 2004129904/15; заявл. 4.10.2004; опубл. 10.09.2006, Бюл. № 25.
18. Патент 2564092 Российской Федерации, МПК A61K 35/00. Способ повышения репродуктивной способности американской норки и жизнеспособности приплода / патентообладатели: ФГБОУ ВПО «Новосиб. гос. аграр. ун-т», ФГБУН Ин-т цитологии и генетики СО РОС. академ. наук, ЗАО «Росветфарм». – № 2014131426/15; заявл. 29.07.2014; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27. – 6 с.
19. Ответ репродуктивной функции американских норок разных генотипов на воздействие биологически активного препарата «Биостил» / О.В. Трапезов, Е.И. Земляницкая, О.В. Распутина [и др.]. // Генетика. – 2016. – № 1. – С. 126–130.
20. Земляницкая Е.И. Морфофункциональные особенности тимуса американской норки разных генотипов в постнатальном онтогенезе в норме и при воздействии Биостила: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Омск, 2022. – 23 с.
21. Абрамов М.Д. О системах проведения гона на норковых фермах // Кролиководство и звероводство. – 1963. – № 2. – С. 9–13.

REFERENCES

1. Majorova T.V., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2007, No. 11, pp. 162–170. (In Russ.)
2. Il'ina E.D., *Osnovy genetiki i selekcii pushnyh zverej* (Fundamentals of genetics and animal breeding, Moscow: Kolos, 1983, 279 p.
3. Abramov M.D., Bernackij, V.G., Nosova N.G., *Nauchnye trudy NIIPZK*, 1970, No. 9, pp. 129–132. (In Russ.)
4. Abramov M.D., *Intensifikacija proizvodstva kletochnoj pushniny* (Intensification of cage fur production), Moscow: Rossel'hozizdat, 1976, pp. 57–67.
5. Sundqvist C., Amador A.G., Bartke A., Reproduction and fertility in the mink (*Mustela vison*), *Society for Reproduction and Fertility*, 1989, Vol. 85, pp. 413–441.
6. Hansson A., The physiology of reproduction in mink (*Mustela vison* Schreber) with special reference to delayed implantation, *Acta Zoologica*, 1947, Vol. 28, pp. 1–136.
7. Mead R.A., Embryonic diapause in vertebrates, *Journal of Experimental Zoology*, 1993, Vol. 266, pp. 629–641.
8. Mead R.A., Delayed implantation in mustelids, with special emphasis on the spotted skunk, *Journal of Reproduction and Fertility Supplements*, 1981, Vol. 29, pp. 11–24.
9. Geodakjan V.A., *Biologicheskij zhurnal Armenii*, 1986, No. 10, pp. 823–834. (In Russ.)
10. Beresneva A.S., Shalaeva I.V., *Vestnik molodeznoj nauki*, 2019, No. 1, pp. 14. (In Russ.)
11. Sergina S.N., Iljuha V.A., Baishnikova I.V. [i dr.], *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2015, No. 19, pp. 296–302 (In Russ.)
12. Harlamova A.B., Trapesov O.V., *Genetika*, 1999, No. 6, pp. 765–770. (In Russ.)
13. Reissmann M., Ludwig A., Pleiotropic effects of coat colour-associated mutations in humans, mice and other mammals, *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 2013, Vol. 24, pp. 6–7.
14. Sysoeva E.A., Rasputina O.V., Trapezov O.V., *Voprosy veterinarnoj nauki i praktiki*, 2021, pp. 49–52. (In Russ.)

15. Mol'kova A.A., Nosyreva Ju.N., *Vosproizvoditel'nye sposobnosti i produktivnye kachestva norok pri ispol'zovanii kedrovoj muki* (Reproductive abilities and productive qualities of minks when using cedar flour), Irkutsk: Izd-vo Irkutskij GAU, 2018, 120 p. (In Russ.)
16. Yapparov I.A., *Farmako-toksikologicheskie issledovaniya i primenie selenorganicheskikh kor-movyh dobavok v zhivotnovodstve*, Extended abstract of Doctor's thesis, Krasnodar, 2012, 38 p. (In Russ.)
17. Rasputina O.V., Drovosekov N.A., Drovosekova M.N., *Patent for invention RUS 2282973*, appl. 4.10.2004, publ. 10.09.2006, Bull. No. 25. (In Russ.)
18. Rasputina O.V., Naumkin, I.V., Zemlyanickaya, E.I. [et al.], *Patent for invention RUS 2564092*, appl. 29.07.2014, publ. 27.09.2015. (In Russ.)
19. Trapezov O.V., Zemlyanickaja E.I., Rasputina O.V., *Genetika*, 2016, No. 1, pp. 126 – 130. (In Russ.)
20. Zemlyanickaya E.I., *Morfofunkcional'nye osobennosti timusa amerikanskoy norki raznyh genotipov v postnatal'nom ontogeneze v norme i pri vozdejstvii Biostila* (Morphofunctional features of the thymus of the American mink of different genotypes in postnatal ontogenesis in the norm and under the influence of Biostyle), Extended abstract of candidate's thesis, Omsk, 2022, 23 p. (In Russ.)
21. Abramov M.D., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 1963, No. 2, pp. 9–13. (In Russ.)

ЦИТОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВАГИНАЛЬНОГО МАЗКА У АМЕРИКАНСКИХ НОРОК В ПЕРИОД ЭСТРУСА

¹Е.А. Сысоева, аспирант

¹О.В. Распутина, доктор ветеринарных наук, профессор, доцент

²О.В. Трапезов, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: sysoeva_ea@nsau.edu.ru

Ключевые слова: американская норка, *Neovison vison*, цитограмма вагинального мазка, балльная оценка, эстральный цикл.

Реферат. Приводятся данные отечественных и зарубежных авторов по особенностям эстрального цикла американских норок. Представлены результаты собственных исследований цитологической структуры вагинального мазка у американских норок в период эструса. Исследование проводилось на клинически здоровых самках американских норок генотипа Standard dark brown (+/+) в количестве 92 голов до проведения технологического гона (20–28 февраля). Влагалищный мазок брали в разные периоды изменения наружных половых органов – половой петли с учетом балльной оценки её развития (от 0 до 5 баллов). При микроскопическом исследовании мазков, взятых в указанный период, было отмечено преобладание поверхностных, промежуточных и парабазальных клеток и немногочисленное количество базальных и веретенообразных клеток. Анализ ядерно-цитоплазматического соотношения позволил указать на специфичность морфометрических показателей клеток покровного эпителия влагалища. Поверхностные эпителиоциты и промежуточные клетки обладают большой площадью цитоплазмы и низким ядерно-цитоплазматическим соотношением – 0,034. Парабазальные клетки имеют минимальные размеры ядра и цитоплазмы, но высокое значение ядерно-цитоплазматического соотношения, которое выше, чем у поверхностных клеток, в 7 раз, промежуточных – в 3 раза. Качественные соотношения эпителиоцитов цитограммы влагалищного мазка в период от 20 до 28 февраля соответствуют стадии «проэструс–эструс». Полученные данные указывают на значительные особенности морфологических изменений покровного эпителия влагалища и отличие цитологической динамики эстрального цикла у американских норок от других млекопитающих. Цитограмма влагалищного мазка норок при 4–5-балльной оценке готовности самок к спариванию не содержит преобладающего количества ороговевших клеток эпителия, которое является характерным для большинства млекопитающих в период овуляции. Важным морфологическим критерием при анализе цитограммы влагалищного мазка у норок является значение соотношения поверхностных и парабазальных клеток, а также чешуек и парабазальных.

CYTOTOLOGICAL STRUCTURE OF A VAGINAL STROKE IN AMERICAN MINK DURING ESTRUS

¹Е.А. Сысоева, PhD student

¹О.В. Распутина, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Associate Professor

²О.В. Трапезов, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Keywords: American mink, *Neovison vison*, vaginal smear cytogram, scoring, oestrous cycle.

Abstract. The article presents the data of domestic and foreign authors on the features of the oestrous process of American minks. The results of studies of the cytological structure of the vaginal smear in American minks during estrus are presented. The study was conducted on clinically healthy American mink females of the Standard dark brown (+/+) genotype in 92 animals before the technological rut (February 20-28). A vaginal smear was taken at different periods of changes in the external genital organs - the genital loop, taking into account the scoring of its development (from 0 to 5 points). Microscopic examination of smears taken during this period showed a predominance of superficial, intermediate, and parabasal cells and a small number of basal and spindle cells. The analysis of the nuclear-cytoplasmic ratio made it possible to indicate the specificity of the morphometric parameters of the cells of the vaginal integumentary epithelium. Surface epitheliocytes and intermediate cells have a sizeable cytoplasmic area and a low nuclear-cytoplasmic ratio of 0.034. Parabasal cells have the minimum

size of the nucleus and cytoplasm but a high value of the nuclear-cytoplasmic percentage, seven times higher than that of superficial cells and three times intermediate. Quantitative proportions of epithelial cells of the vaginal smear cytogram from February 20 to 28 correspond to the proestrus-estrus stage. The data obtained indicate significant features of the morphological changes in the integumentary epithelium of the vagina and the difference in the cytological dynamics of the oestrous cycle in American minks from other mammals. The cytogram of the vaginal smear of minks with a 4-5 point assessment of the readiness of females for mating does not contain the predominant number of keratinized epithelial cells, which is characteristic of most mammals during the period of ovulation. An important morphological criterion in the analysis of the vaginal smear cytogram in minks is the value of the ratio of superficial and parabasal cells and scales and parabasal cells.

Важной биологической особенностью норки (*Mustela vison*) является строгая цикличность сезонного размножения и линьки, что обеспечивает выживаемость потомства при рождении весной, интенсивные рост и развитие в период короткого лета и полное половое созревание к зиме [1].

Первые признаки наступления гона у норок отмечают в феврале. Высокая половая активность наблюдается с 5 до 20 марта. В этот период у самок регистрируют наибольшее количество созревших яйцеклеток. Приступают к проведению гона с 1–5 марта. Наступление течки (эструса) и половой охоты определяют по изменению поведения и состояния наружных половых органов – вульвы или петли и в редких случаях по цитологической картине влагалищного мазка. Во время течки у норок наблюдают 3–4 периода охоты продолжительностью 1–2 дня, которые повторяются в большинстве случаев через 7–10 дней [2].

Согласно данным М.Д. Абрамова [3], В.А. Берестова [4], Е.Д. Ильиной [5], эстральный цикл у самок норок имеет несколько фаз:

– первая фаза – диэструс, или покой – продолжается 5 месяцев, в период с июля по ноябрь. Происходит медленный процесс развития фолликулов. Наблюдаются анемичность рогов и тела матки. Активизируется процесс роста и размножения яйцеклеток, увеличиваются фолликулы [3–5]. Начало диэструса характеризуется резким уменьшением числа поверхностных клеток и повторным появлением промежуточных и парабазальных клеток. Чаще всего клеточный профиль изменяется в течение одного дня от практически 100% до менее 20% поверхностных клеток [6];

– вторая фаза – проэструс – охватывает 3 месяца (декабрь – февраль). Это период активной подготовки организма к размножению. В фолликулах продолжается активный рост яйцеклеток. В феврале отдельные фолликулы уже заканчивают рост, а в их фолликулярной жидкости плавают яйцеклетки [3–5, 7]. Исследование вагинальных мазков от раннего до позднего проэструса выявляет постепенный переход от промежуточных

и парабазальных клеток к поверхностным. Как правило, эритроциты присутствуют в большом количестве и обычно наблюдаются нейтрофилы. Часто присутствует большое количество бактерий [6];

– третья фаза – эструс, или течка – длится 15–20 дней. В период эструса наблюдается от 1 до 4 циклов половой охоты, т.е. периодов, когда самка позволяет самцу спариться, и в каждый из которых она может оплодотворяться. Каждый период длится 1–2 дня с повторением в среднем через 7–10 дней, что связано со способностью самок к овуляции [3–5, 7].

После этого возможно рождение щенков в результате двух разных овуляций (явление, называемое суперфетацией) [8–10].

Ранний эструс характеризуется наличием поверхностных клеток с пикнотическим ядром и безъядерных поверхностных клеток. В середине эструса отмечается преобладание безъядерных поверхностных клеток и чистый фон мазка. Могут быть замечены единичные эритроциты [11].

Овуляция у норок провоцированная – яйцеклетки выходят из фолликулов в яйцеводы только при спаривании. Оплодотворение происходит в верхней половине яйцевода. Время прохода яйцеклеток по яйцеводу – 6–7 дней. За этот срок оплодотворенные яйцеклетки дробятся до бластул и затем 10–14 дней лежат в рогах матки, не прикрепляясь к ее стенке. Этот период называется латентным, или ди-паузой, и связан с задержкой развития желтых тел [1, 7].

В технологии звероводства особое значение имеют периоды подготовки к гону и его проведения. Важным моментом при этом является определение готовности самок к спариванию по изменению поведения и развитию половой петли, которое у самок многих видов пушных зверей происходит в течение недели, в целом по стаду у норок – в течение 22–34 дней [12, 13]. Учет проводится с использованием балльной системы (от 0 до 5 баллов). В соответствии с морфологическими изменениями наружных половых ор-

ганов во время эструса происходят в разной степени выраженности пролиферативные изменения покровного эпителия слизистой оболочки влагалища, отражающие эстрогенную насыщенность организма. Цитологическая диагностика эстрогенной насыщенности по вагинальным мазкам в норководстве практически не используется, но имеет широкое применение в ветеринарной медицине при определении стадий и нарушений эстрального цикла, сроков вязки и родов у собак.

Цель работы – изучение цитологической картины влагалищного мазка американских норок в различные фазы эстрального цикла и её взаимосвязи с балльной шкалой морфологической перестройки половой петли.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось на базе зверофермы ИЦиГ СО РАН на самках американских норок генотипа стандарт ($n = 92$) до проведения технологического гона с 20 февраля по 28 февраля 2021 г. Влагалищный мазок брали в разные периоды развития петли (изменения наружных половых органов). Изменение состояния наружных половых органов (вульвы) определялось общепринятым, классическим способом с применением балльной оценки готовности к спариванию:

0 – отсутствие изменений половой петли;

0,5 – незначительные, трудно определяемые изменения петли (слабо выраженное набухание);

1 – первые признаки очищения петли от волоса;

2 – небольшое увеличение петли;

3 – покраснение, увеличение петли;

4 – максимальное увеличение петли, полное набухание и покраснение;

5 – спад напряжения половых губ, незначительное появление бледности [14].

Влагалищный мазок брали в разные стадии изменения петли с помощью стерильного урогенитального зонда, избегая контакта с преддверием влагалища. Конец зонда с мягкой щеточкой вращательным движением аккуратно вводили по верхнему своду влагалища. Полученный материал наносили на чистое, предварительно обезжиренное предметное стекло, высушивали на воздухе, фиксировали ацетоном. Окрашивание мазков проводили по методу Романовского-Гимза. После окрашивания определяли тип клеток,

их морфологическую и морфометрическую характеристику.

Влагалищный мазок исследовали с помощью светового микроскопа Zeiss Primo Star при увеличении от $\times 40$ до $\times 1000$. В мазке подсчитывали не менее 100 эпителиальных клеток (поверхностных, промежуточных и парабазальных) в 4–5 полях зрения. Одновременно учитывали количество ороговевших, безъядерных эпителиальных клеток (чешуек) и клеток с ярко выраженной удлиненной формой, в процентах к вышеуказанным типам клеток. По соотношению эпителиальных клеток оценивали функциональное состояние яичников. Преобладание поверхностных эпителиоцитов и процесс их ороговевания обусловливаются повышением уровня эстрогенов.

Для объективного суждения об эстрогенной насыщенности организма самок вычисляли индекс созревания (ИС) – процентное соотношение поверхностных, промежуточных и парабазальных клеток. ИС обозначали в виде формулы, где в числителе слева направо записывали процент парабазальных, промежуточных и поверхностных клеток, а в знаменателе – процентное соотношение чешуек и клеток удлиненной формы к указанному количеству учитываемых в числителе основных клеток покровного эпителия влагалища (в соответствии с [15] и нашей модификацией).

Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При микроскопическом исследовании мазков, взятых в период 20–28 февраля, в фазе «проэструс–эструс», у всех животных были обнаружены следующие типы клеток: поверхностные, промежуточные, ороговевающие, поверхностные, парабазальные, базальные и веретенообразные (рис. 1).

В большинстве случаев преобладали поверхностные, промежуточные и парабазальные клетки. В незначительном количестве обнаруживали базальные клетки и одиночные клетки веретенообразной формы.

Поверхностные клетки ($S = 1315,5–2715,9 \text{ мкм}^2$) – крупные, неправильной формы, четырех- или пятиугольные. Имеют четкие границы и тёмное или бледное пикнотическое ядро.

Промежуточные клетки ($S = 462,4–1021,6 \text{ мкм}^2$) – круглой или овальной формы с хорошо оформленным ядром.

Ороговевающие – поверхностные клетки – слабобазофильные, крупные, безъядерные, неправильной многоугольной формы (чешуйки).

Парабазальные клетки ($S = 149,4-452,4 \text{ мкм}^2$) – мелкие, округлые или овальные, с небольшим ядром. Встречаются клетки удлиненной формы.

Базальные клетки – окружной формы, с

крупным ядром, занимающим большую часть цитоплазмы. Окрашиваются интенсивно в темно-синий цвет. Встречаются редко.

Веретенообразные одиночные клетки – удлиненной формы, несколько расширенные в середине. Имеют интенсивно окрашенное ядро и базофильную цитоплазму.

Были определены морфометрические показатели эпителиальных клеток (табл.1).

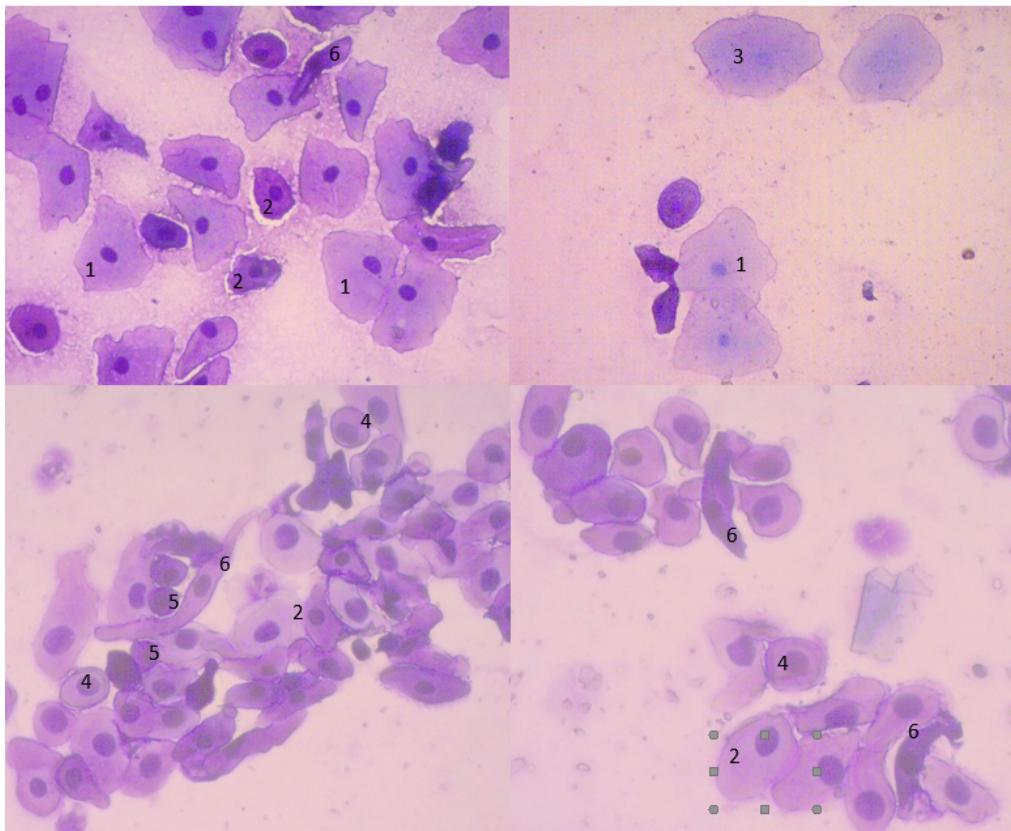


Рис. 1. Типы эпителиальных клеток влагалищного мазка американских норок в фазе «проэструс-эструс»: 1 – поверхностные клетки; 2 – промежуточные клетки; 3 – ороговевшие поверхностные клетки; 4 – парабазальные клетки; 5 – базальные клетки; 6 – веретенообразные клетки. Окраска по Романовскому-Гимза. Увеличение $\times 40$

Fig. 1. Types of epithelial cells in the vaginal smear of American minks in the proestrus-estrus phase. 1 – superficial cells, 2 – intermediate cells, 3 – keratinized simple cells, 4 – parabasal cells, 5 – basal cells, 6 – spindle-shaped cells. Colouring, according to Romanovsky-Giemsa. $\times 40$

Таблица 1

Морфометрическая характеристика эпителиоцитов влагалищного мазка американских норок в фазе «проэструс-эструс»

Morphometric characteristics of epithelial cells of the vaginal smear of American minks in the proestrus-estrus phase

Типы эпителиальных клеток	Площадь эпителиальных клеток, мкм^2	Площадь ядра, мкм^2	Площадь цитоплазмы, мкм^2	Ядерно-цитоплазматическое отношение
Поверхностные	$2018,35 \pm 87,54$	$65,77 \pm 3,11$	$1952,57 \pm 85,97$	$0,034 \pm 0,002$
Промежуточные	$690,25 \pm 26,80^{***}$	$69,41 \pm 3,15$	$620,84 \pm 26,33^{***}$	$0,110 \pm 0,007^{***}$
Парабазальные	$286,37 \pm 17,97^{***}$	$54,18 \pm 3,77^{**}$	$232,19 \pm 15,27^{***}$	$0,240 \pm 0,015^{***}$

Примечание. Достоверно в сравнении с параметрами поверхностных клеток: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

Note. Significant in comparison with the parameters of surface cells: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

Площадь поверхностных эпителиальных клеток превышает таковую промежуточных клеток в 3 раза, а парабазальных – в 7 раз. Крупные размеры поверхностных эпителиоцитов обусловлены достоверно большей площадью их цитоплазмы, что подтверждается низким ядерно-цитоплазматическим соотношением – 0,034. При этом площадь ядра поверхностных и промежуточных клеток не отличается. Парабазальные клетки имеют минимальные размеры ядра и цитоплазмы,

но высокое значение ядерно-цитоплазматического соотношения, которое выше, чем у поверхностных клеток, в 7 раз, промежуточных – в 3 раза.

Анализ цитограммы влагалищного мазка, взятого в фазе «проэструс–эструс», во взаимосвязи с балльной оценкой половой петли (готовности к спариванию) указывает на значительные отличия клеточного фона (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2

Цитограмма влагалищного мазка американских норок, %
Cytogram of the vaginal smear of American minks, %

Тип эпителиальных клеток	Балльная оценка готовности к гону						
	0	0,5	1	2	3	4	5
Парабазальные	10,00±1,43	9,60±3,88	8,93±1,96	10,78±1,83	7,16±1,84	10,81±2,33	4,00±1,07
Промежуточные	52,41±3,96	47,20±9,65	55,78±5,39	52,00±4,89	53,11±6,23	44,12±5,53	26,62±5,35
Поверхностные	37,58±4,49	43,20±10,83	35,28±5,54	37,21±4,38	39,72±6,48	45,06±6,60	69,37±5,88
Поверхностные ороговевшие (чешуйки)	3,00±0,75	3,40±1,33	7,78±2,61	5,71±1,55	5,66±1,31	11,31±2,31	12,00±2,88
Веретенообразные	6,65±1,74	9,00±3,85	3,07±0,99	2,64±1,13	1,72±0,72	1,06±0,44	0

Балльная оценка 0 характеризует насыщенность вагинального мазка промежуточными и веретенообразными клетками. При балльной оценке 0,5 отмечено примерно одинаковое количество промежуточных и поверхностных клеток и их преобладание над парабазальными. С повышением готовности самок к спариванию в цитограмме постепенно возрастает количество поверхностных кле-

ток, чешуек и снижается количество других типов клеток, вплоть до исчезновения (веретенообразные клетки). Указанные изменения ярко проявляются при балльных оценках 4 и 5. Следует отметить, что относительное увеличение количества чешуек и уменьшение веретенообразных клеток отмечается уже при балльной оценке, равной 1.

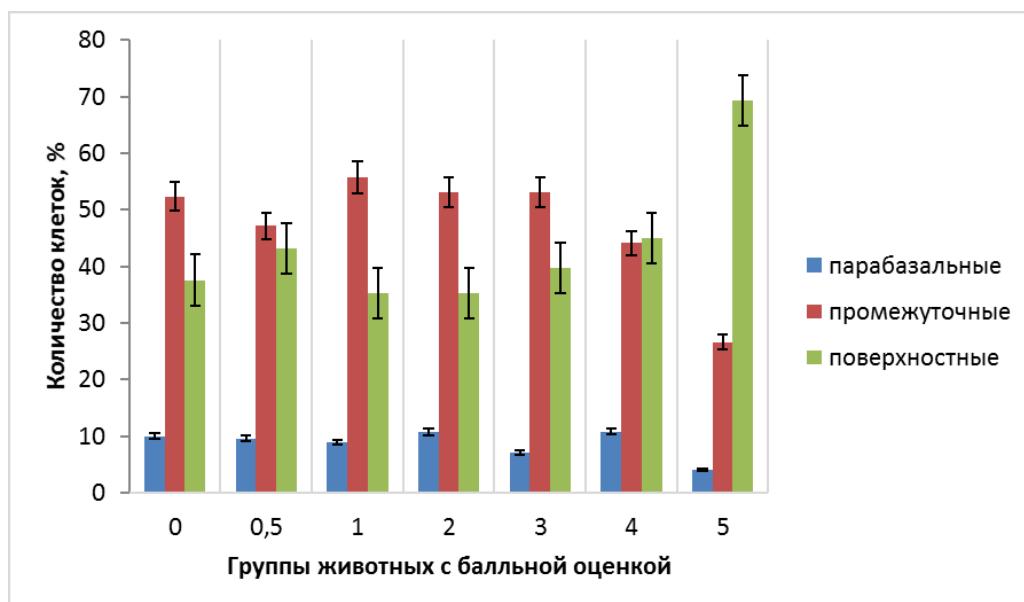


Рис. 2. Динамика эпителиоцитов влагалищного мазка с учетом балльной оценки эструса
Fig. 2. Dynamics of vaginal smear epithelial cells, taking into account the estrus scoring

Таблица 3

Индекс созревания (ИС) у американских норок в соответствии балльной оценкой готовности к спариванию

Maturation index (MI) in American minks according to the mating readiness score

Балльная оценка	Индекс созревания	Балльная оценка	Индекс созревания
0	<u>П610 Пр52 П37</u> Ч3 Вр7	3	<u>П67 Пр53 П40</u> Ч6 Вр2
0,5	<u>П610 Пр47 П43</u> Ч3 Вр9	4	<u>П611 Пр44 П45</u> Ч11 Вр1
1	<u>П69 Пр56 П35</u> Ч8 Вр3		
2	<u>П611 Пр52 П37</u> Ч6 Вр3	5	<u>П64 Пр27 П69</u> Ч12 Вр0

Примечание. П – поверхностные; Пр – промежуточные; Пб – парабазальные; Вр – веретенообразные клетки; Ч – поверхностные ороговевшие клетки (чешуйки).

Note. P – surface; Pro – intermediate; Pb – parabasal; Sp – Fusiform cells, S – Superficial keratinized cells (scales).

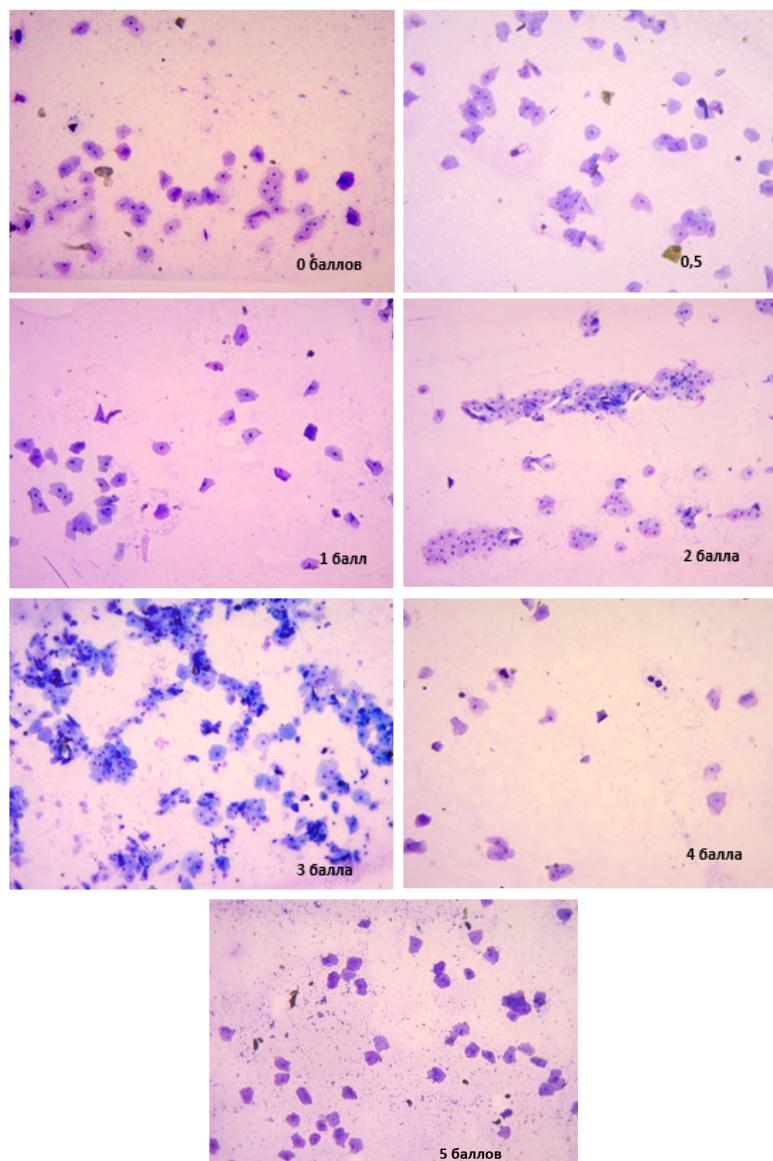


Рис. 3. Морфологическая картина влагалищного мазка с разной балльной оценкой фазы «проэструс–эструс». Окраска по Романовскому-Гимза. Увеличение x 10

Fig. 3. Morphological picture of the vaginal smear with different scoring of the proestrus–estrus phase. Colouring, according to Romanovsky-Giemsa. X 10

Индекс созревания с учетом относительного количества чешуек и веретенообразных клеток при разной балльной оценке представлен в табл. 3.

Начальные изменения клеточного фона вагинального мазка проявляются при балльной оценке 3. В последующем снижается количество парабазальных клеток и возрастает количество чешуек. При максимальной оценке резко снижается количество парабазальных клеток и возрастает количество поверхностных, отсутствуют веретенообразные клетки. Процентное соотношение П/Пб возрастает по мере развития половой петли: от 4 (при нулевой оценке) до 17 (при 5 баллах). Указанная зависимость наблюдается и при рассмотрении соотношения Ч/Пб: возрастает от 0,3 до 3. Количественные соотношения эпителиоцитов и их изменения позволяют отнести период от 20 до 28 февраля у норок к стадии «проэструс–эструс»: 1–3 балла – проэструс; 4 – ранний эструс; 5 – эструс.

Цитоморфологическая картина вагинального мазка норок в период 20–28 февраля с оценкой 4 и 5 баллов отличается низкой густотой расположения клеток, преобладанием поверхностных и ороговевающих клеток, отсутствием веретенообразных клеток. У большинства других млекопитающих, в отличие от норок, происходящая в фазу эструса спонтанная овуляция сопровождается обширным ороговеванием и слущиванием эпителия влагалища. Влагалищный мазок в этот период состоит только из ороговевших безъядерных клеток (чешуек), которые в конце течки образуют скопления (рис. 3).

Полученные данные указывают на значительные особенности морфологических изменений покровного эпителия влагалища и отличие цитологической динамики эстрального цикла у американских норок от других млекопитающих. Указанные особенности,

вероятно, связаны с провоцированной овуляцией у норок, которая происходит только при спаривании.

ВЫВОДЫ

1. Цитологическую картину влагалищного мазка у американских норок в период 20–28 февраля следует оценивать как предовуляционную. Цитоморфологические изменения, протекающие в тесной зависимости с развитием половой петли, соответствуют стадии полового цикла «проэструс–эструс»: 1–3 балла – проэструс; 4 – ранний эструс; 5 – эструс.

2. Цитограмма влагалищного мазка норок при 4–5-балльной оценке готовности самок к спариванию не содержит преобладающего количества ороговевших клеток эпителия, которое является характерным для большинства млекопитающих в период овуляции, что, возможно, объясняется провоцированной овуляцией у норок во время спаривания. Важным морфологическим критерием при анализе цитограммы влагалищного мазка у норок является значение соотношения поверхностных и парабазальных клеток, а также чешуек и парабазальных.

3. Изучение цитограммы влагалищного мазка норок в период 20–28 февраля позволило выявить особенности динамики морфологических изменений эпителиоцитов влагалищной стенки и подтвердить, что наиболее благоприятным сроком для спаривания является развитие половой петли с оценкой 4 и 5 баллов.

4. Морфологические типы эпителиоцитов влагалища норок сходны с таковыми у других млекопитающих и имеют определенные морфометрические характеристики. В период проэструса характерно присутствие веретенообразных клеток, исчезающих в фазу эструса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидорова Л.В. Биохимические и фармакологические особенности влияния 11-дезоксианалогов простагландинов на репродуктивную функцию темно-коричневой норки *Mustela vison* Schr: автореферат дис. ... канд. биол. наук. – Уфа, 2003. – 12 с.
2. Былицкий Н.М., Цикунова О.Г. Пушное звероводство и кролиководство: курс лекций: учеб.-метод. пособие. – Горки: БГСХА, 2020. – 147 с.
3. Абрамов М.Д. Резервы повышения продуктивности норок // Кролиководство и звероводство. – 1987. – № 3. – С. 31.
4. Берестов В.А. Звероводство: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2002. – 489 с.
5. Звероводство: учебник / Е.Д. Ильина, А.Д. Соболев, Т.М. Чекалова, Н.Н. Шумилина. – СПб.: Лань, 2004. – 304 с.
6. Kellen O. Monitoring of the Estrous Cycle in Female Dogs // World Small Animal Veterinary Association Congress Proceedings – 2016. – URL: <https://www.vin.com/doc/?id=8249806> (дата обращения: 15.12.22 г.).

7. Молькова А.А., Носырева Ю.Н. Воспроизводительные способности и продуктивные качества норок при использовании кедровой муки. – Иркутск: Изд-во Иркут. ГАУ, 2017. – 120 с.
8. Johansson I., Venge, O. Relation of the mating interval to the occurrence of superfetation in the mink // *Acta Zoologica*. – 1951. – Vol. 32. – P. 255–258.
9. Enders R.K. Reproduction in the mink (*Mustela visori*) // *Proceedings of the American Philosophical Society*. – 1952. – Vol. 96. – P. 691–755.
10. Shackelford R.M. Superfetation in the ranch mink // *The American Naturalist*. – 1952. – Vol. 86. – P. 311–319.
11. Post K. Canine Vaginal Cytology During the Estrous Cycle // *Canadian Veterinary Journal*. – 1985. – Vol. 26. – P. 101–104.
12. Плотников И.А. Биологические и технологические особенности разведения степного (*Marmota bobak Müller*, 1776) и черношапочного (*M. camtschatica Pallas*, 1811) сурков: дис. ... д-ра биол. наук. – Киров. – 2018. – 225 с.
13. Мирошниченко А.А., Жучав К.В., Трапезов О.В. Особенности полового поведения у «ручных» и «агрессивных» самок американской норки стандартного и мутантного генотипов // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сб. тр. науч.-практ. конф. науч. о-ва студентов и аспирантов биол.-технол. фак. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2018. – С. 5–10.
14. Федосеева Г.А. Биологические особенности разведения сурков // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Киров, 2007. – С. 455.
15. Лабораторный справочник СИНЭВО / О.В. Небыльцова, Ж.А. Климова, Г.А. Носенко [и др.]. – Киев: Доктор Медиа, 2013. – 644 с.

REFERENCES

1. Sidorova L.V., *Biohimicheskie i farmakologicheskie osobennosti vlijanija 11-dezoksanalogov prostaglandinov na reproduktivnuju funkciju temno-korichnevoj norki Mustela vison Schr* (Biohimicheskie i farmakologicheskie osobennosti vliyaniya 11-dezoksanalogov prostaglandinov na reproduktivnyu funkciju temno-korichnevoj norki Mustela vison Schr), Extended abstract of Doctor's thesis, Ufa, 2003, 12 p. (In Russ.)
2. Bylickij N.M., Cikunova O.G., *Pushnoe zverovodstvo i krolikovodstvo* (Fur farming and rabbit breeding), Gorki: BGSKHA, 2020, 147 p.
3. Abramov M.D., *Krolikovodstvo i zverovodstvo*, 1987, No. 3, pp. 31. (In Russ.)
4. Berestov V.A., *Zverovodstvo* (Fur farming), Sankt-Peterburg: Lan', 2002, 489 p.
5. Il'ina E.D., Sobolev A.D., Chekalova T.M., Shumilina N.N., *Zverovodstvo* (Fur farming), Sankt-Peterburg: Lan', 2004, 304 p.
6. Kellen O., Monitoring of the Estrous Cycle in Female Dogs, *World Small Animal Veterinary Association Congress Proceedings*, 2016, URL: <https://www.vin.com/doc/?id=8249806>.
7. Mol'kova A.A., Nosireva Ju.N., *Vospriozvoditel'nye sposobnosti i produktivnye kachestva norok pri ispol'zovanii kedrovoj muki* (Reproductive abilities and productive qualities of minks when using cedar flour), Irkutsk: Irkutskij GAU, 2017, 120 p.
8. Johansson I., Venge O., Relation of the mating interval to the occurrence of superfetation in the mink, *Acta Zoologica*, 1951, Vol. 32, pp. 255–258.
9. Enders R.K., Reproduction in the mink (*Mustela visori*), *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1952, Vol. 96, pp. 691–755.
10. Shackelford R.M., Superfetation in the ranch mink, *The American Naturalist*, 1952, Vol. 86, pp. 311–319.
11. Post K., Canine Vaginal Cytology During the Estrous Cycle, *Canadian Veterinary Journal*, 1985, Vol. 26, pp. 101–104.
12. Plotnikov I.A., *Biologicheskie i tekhnologicheskie osobennosti razvedeniya stepnogo (*Marmota bobak Müller*, 1776) i chernoshapochnogo (*M. camtschatica Pallas*, 1811) surkov* (Biological and technological features of breeding steppe (*Marmota bobak Müller*, 1776) and black-capped (*M. camtschatica Pallas*, 1811) marmots), Doctor's thesis, Kirov, 2018, 225 p.
13. Miroshnichenko A.A., Zhuchaev K.V., Trapezov O.V., Problemy biologii, zootekhnii i biotekhnologii (Problems of biology, zootechnics and biotechnology), Proceedings of the scientific-practical conference, Novosibirsk, 2018, pp. 5–10. (In Russ.)
14. Fedoseeva G.A., Sovremennyye problemy prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva (Modern problems of nature management, hunting and fur farming), Materials of the international scientific-practical conference, Kirov, 2007, pp. 455. (In Russ.)
15. Nebyl'cova O.V., Klimova Zh.A., Nosenko G.A. [i dr.], *Laboratornyj spravochnik SINEVO* (Laboratory handbook SYNEVO), Kiev: OOO «Doktor Media», 2013, 644 p. (In Russ.)

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПОЛУЛУННЫХ КЛАПАНОВ АОРТЫ И ЛЕГОЧНОГО СТВОЛА У СИБИРСКОЙ КОСУЛИ

¹**В.Н. Тарасевич**, кандидат ветеринарных наук, доцент

²**Р.А. Жилин**, кандидат ветеринарных наук, доцент

³**А.Н. Тарасевич**, студент

¹*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, п. Молодежный Иркутской обл., Россия*

²*Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Уссурийск, Россия*

³*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

E-mail: tarasevich7239@mail.ru

Ключевые слова: сибирская косуля, сердце, клапан аорты, клапан легочного ствола, узелки полулуных створок, кармашки полулуных створок.

Реферат. Проведены морфологические исследования структуры полулуных клапанов сердца у сибирской косули в возрасте 1,5–2 лет. Для исследований использовали сердца от 3 самцов, добытых на территории Иркутской области. В работе использовали элементы доступа к полулуенным клапанам, фотографирование и морфометрию структур устья легочного ствола и аорты. Аортальный клапан сибирской косули сформирован тремя створками (левой, правой и септальной), где морфометрические показатели свободного края левой створки превосходят значения двух других. Наибольшая выраженность донной части кармашков отмечена на уровне левой и правой створок, их значение колеблется от $4,20 \pm 0,13$ до $7,45 \pm 0,27$ мм. Выраженность узелков отмечена на 55,6% створок, где узелок смещен относительно центра свободного края створки на 11,4%. Полулунийный клапан легочного ствола представлен тремя створками: левой, промежуточной и правой, где значение высоты створок клапана находится на уровне $12,20 \pm 0,11$ мм, ширины – $28,30 \pm 0,29$ и толщины – 0,18 мм. Донная часть развита у всех кармашков клапана, она перекрывает практически весь просвет устья и наибольшее развитие получила у правого кармашка – $5,9 \pm 0,11$ мм. Узелки клапана отмечены у 67% створок, где был отмечен схожий с аортальным клапаном процент отклонения от центра. По анализу показателей расстояния между комиссарами створки и ширины свободного ее участка можно судить о выраженности эластичности стенки легочного ствола и аорты. При этом ширина свободного края створки превосходит значение расстояния между комиссарами у клапана легочного ствола в 1,4 и клапана аорты – в 1,34 раза.

MORPHOLOGY FEATURES OF SEMILUNAR VALVES OF THE AORTA AND PULMONARY TRUNK IN SIBERIAN ROE DEER

¹**V.N. Tarasevich**, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

²**R.A. Zhilin**, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

³**A.N. Tarasevich**, 2nd-year student of the pedagogical institute

¹*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhovsky, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

²*Primorskaya State Agricultural Academy, Ussuriysk, Russia*

³*Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

E-mail: tarasevich7239@mail.ru

Keywords: Siberian roe deer, heart, aortic valve, pulmonary trunk valve, nodules of semilunar valves, pockets of semilunar valves

Abstract. The authors conducted morphological studies of the structure of the semilunar heart valves in Siberian roe deer aged 1.5-2 years. The authors used the hearts of 3 males obtained in the Irkutsk region for research. The work used elements of access to semilunar valves, photographing and morphometry of structures of the mouth of the pulmonary trunk and aorta. The aortic valve of the Siberian roe deer is formed by three flaps (left, right and septal), where the morphometric parameters of the free edge of the left flap exceed the values of the other two. The greatest severity of the bottom part of the pockets is noted at the level of the left and right flaps. Their weight ranges from 4.2 ± 0.13 to 7.45 ± 0.27 mm. The authors noticed the severity of nodules on 55.6% of the flaps, where the nodule is shifted relative to the centre of the free edge of the flap by 11.4%. Three flaps represent the semilunar valve of the pulmonary trunk: left, intermediate and right, where the value of the height of the valve

flaps is at the level of 12.2 ± 0.11 mm, width – 28.3 ± 0.29 and thickness – 0.18 mm. The bottom part is developed in all pockets of the valve, it covers almost the entire lumen of the mouth, and the most significant development was in the right bag – 5.9 ± 0.11 mm. Valve nodules were noted in 67% of the valves, where the percentage of deviation from the centre was similar to the aortic valve. By analyzing the indicators of the distance between the sash commissures and the width of its free section, it is possible to judge the severity of the elasticity of the wall of the pulmonary trunk and aorta. At the same time, the width of the free edge of the flap exceeds the value of the distance between the commissures at the pulmonary trunk valve by 1.4 and the aortic valve by 1.34 times.

Сибирская косуля (*Capreolus pygargus* (Pallas, 1771)) – представитель семейства оленевых, рода косули. Она имеет тонкую шею, более высокое в крестце, чем в области холки, туловище, укороченную мордочку с длинными подвижными ушами, маленькие тонкие конечности и относительно небольшой хвостик, что придает ей особую грациозность. Цвет шерстного покрова изменяется от рыжего (летом) до светловато-серого (в зимнее время), но при этом в области задней части туловища заметно округлое пятно белого цвета (салфетка). Живая масса особей не превышает 55 кг, однако данный вид крупнее европейской косули. Является обитателем открытых пространств, поэтому для нее характерна быстрота передвижения, а следовательно, и повышенная интенсивность обмена веществ [1].

Условия обитания и образ жизни способствовали адаптационной перестройке организма животных, в том числе и со стороны сердечно-сосудистой системы, знание особенностей которой позволяет использовать их при проведении ветеринарно-санитарной и судебной экспертизы, патолого-анатомического вскрытия животных [1].

Сердце является центральным органом кровообращения, наличие клапанного аппарата (полулунных и створчатых клапанов) позволяет ему прокачивать кровь в одном направлении [2, 3]. Важную роль в этом играют и органы респираторной моторики, которые во время фаз дыхания усиливают возврат венозной крови к сердцу [4, 5].

В доступной литературе достаточно широко и подробно представлена морфология сердца и его клапанного аппарата у таких животных, как амурский лесной кот [6], амурский тигр [7], кошка породы майн-кун [8], козы англо-нубийской породы [4, 9, 10], байкальская нерпа [3, 11, 12], крупный рогатый скот и свиньи [13], утка пекинская [14]. Некоторые особенности изучены и у сибирской косули [15].

У сибирской косули конусовидно-расширенная форма сердца, соотношение толщины желудочков 1 к 2,7. Для правого предсердия

характерно наличие 10 гребешковых мышц первого порядка и 13 второго порядка, а в левом предсердии их 8 и 5 соответственно. В левом желудочке различают две септомаргинальные трабекулы и две сосочковые мышцы, в правом желудочке трабекула одна, но имеются три сосочковые мышцы [15]. Однако данных по исследованию морфологии полулунных клапанов сердца данного вида нами не обнаружено, что и определило цель нашего исследования.

Цель исследования – изучить особенности морфологии полулунных клапанов аорты и легочного ствола у самцов сибирской косули.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований использовали сердца от 3 самцов сибирской косули возраста 1,5–2 лет, добытых на территории Иркутской области. В работе использовали элементы доступа к полулунным клапанам, фотографирование и производили морфометрию структур устья легочного ствола и аорты. Доступ к устью легочного ствола обеспечивался через разрез стенки правого желудочка, проведенный параллельно паракональной борозде с учетом визуализации мест соединения левой и правой створок клапана. К аортальному клапану подбирались через разрез миокарда левого желудочка и частично области расположения трикуспидального клапана. Измерения проводили с использованием электронного штангенциркуля модели Stainless Hardened с точностью до 0,01 мм. Для удобства проведения измерений створок клапанов использовали пинцет для работы с мягкими тканями [16]. Возраст животных определяли по кольцам дентина на зубах [18, 17].

Числовые значения морфометрических показателей подвергали обработке с использованием онлайн-калькулятора для расчета статистических критерийев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полулунные клапаны сердца у сибирской косули представлены аортальным клапаном, формирующим начальный отдел большого круга кровообращения, и клапаном легочного ствола, создающим устье малого круга кровообращения. Клапаны располагаются в соответствующих отверстиях устьев сосудов, располагающихся на уровне основания желудочков. Окружность аортального отверстия составила $55,10 \pm 0,64$ мм, у легочного ствола – $59,70 \pm 0,56$ мм. Однако у сердца крупно-

го рогатого скота, свиней и байкальской нерпы клапан легочного ствола располагается несколько выше уровня аортального клапана [3, 13].

Аортальный клапан участвует в формировании луковицы аорты и располагается между сосудистым конусом левого желудочка и устьем аорты. По месту расположения устьев питающих сердце коронарных артерий клапан состоит из левой, правой и септальной створок. Для них характерно наличие свободного участка створки, узелков полулунной створки, мест прикрепления и донной части кармашков клапанов (рис. 1).

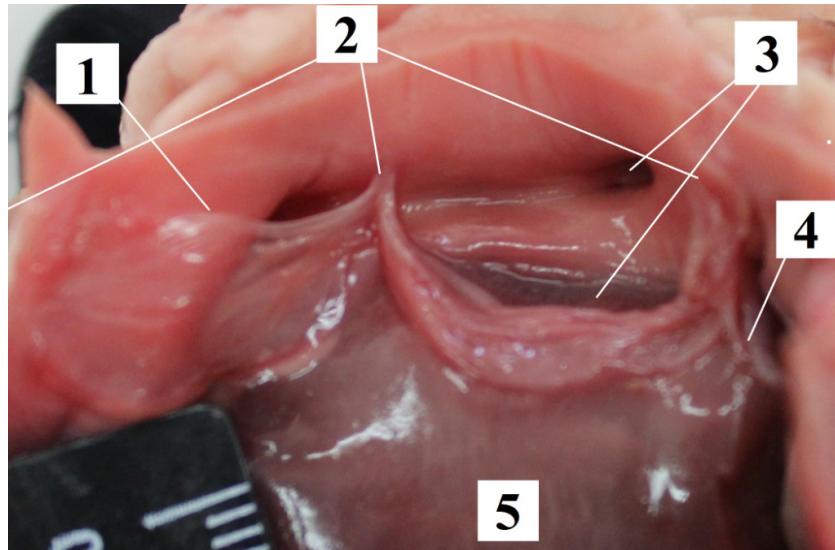


Рис. 1. Полулунный клапан аорты сибирской косули:

1 – свободный край левой полулунной створки; 2 – комиссуры створок клапана; 3 – устье правой венечной артерии и донная часть кармашка правой полулунной створки;
4 – септальная створка клапана; 5 – сосудистый конус левого желудочка

Fig. 1. The semilunar aortic valve of Siberian roe deer, ♂ 2 years: 1 – free edge of the left semilunar flap; 2 – commissures of the valve flaps; 3 – mouth of the right coronary artery and the bottom part of the pocket of the right semilunar flap; 4 – septal valve leaf; 5 – vascular cone of the left ventricle

При детальном рассмотрении створок клапанного аппарата нами установлено, что наибольшее развитие морфометрических показателей характерно для левой створки клапана, где значения высоты, ширины и

толщины превосходят значения двух других. Высота левой створки составила $13,40 \pm 0,21$ мм, ширина – $27,60 \pm 0,26$ и толщина – 0,16 мм (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрия структур полулунного клапана аорты ($M \pm m$), мм
Morphometry of the structures of the semilunar aortic valve, $M \pm m$

Структуры полулунных клапанов аорты	Створки полулунного клапана аорты		
	левая	правая	септальная
Высота полулунных створок	$13,40 \pm 0,21$	$12,90 \pm 0,19$	$12,30 \pm 0,23$
Ширина полулунных створок	$27,60 \pm 0,26$	$25,50 \pm 0,37$	$23,80 \pm 0,34$
Толщина полулунных створок	0,16	0,14	0,11
Расстояние между комиссурами створок	$19,30 \pm 0,13$	$20,10 \pm 0,11$	$18,20 \pm 0,09$
Глубина желудочковой части кармашков полулунных клапанов аорты	$4,20 \pm 0,15$	$7,45 \pm 0,23$	$1,20 \pm 0,03$

Обращает на себя внимание, что каждая створка имеет закрепление на стенке луковицы аорты (комиссуры створок) и, спускаясь ниже по линии закрепления к сосудистому конусу желудочковой части, формирует так называемые кармашки клапана. При этом донная часть кармашков приходится на уровень миокарда желудочка, что позволяет во время диастолы сердца основную нагрузку тока крови распределять именно на эти структуры, облегчая ее на створки клапана. Такая же особенность была отмечена и у байкальской нерпы [3, 12]. У сибирской косули донная часть кармашков аортального клапана наиболее выражена на уровне правой и левой створок, где их значение находится на уровне от $7,45 \pm 0,27$ до $4,20 \pm 0,13$ мм. Септальная створка не имеет контакта с миокардом желудочка, так как граничит с трехстворчатым клапаном, поэтому выраженности донной части во всех случаях мы не наблюдали.

При анализе соотношения ширины створок и расстояния между комиссурами было определено, что ширина у левой створки выше в 1,43 раза, у правой – в 1,27 и у септальной – в 1,31 раза. Это объясняется тем, что во время сокращения миокарда левого желудочка выбрасываемый ток крови рас-

ширяет просвет аорты и поджимает створки клапана, а при расслаблении миокарда и за счет эластичности стенки сосуда диаметр последнего уменьшается, что способствует вовлеченности и захлопыванию полуулунных створок клапана.

По месту расположения узелков створок клапана (аранциевых), которые присутствовали у 55,6 % створок клапана, можно отметить их некоторое отклонение (11,4%) относительно центра расположения на свободном крае. У коз англо-нубийской породы в аортальном клапане выраженность аранциевых узелков отмечена была у 85% особей, а наибольшей по морфологическим показателям была септальная створка [4, 10].

Полулунный клапан легочного ствола имеет перпендикулярное к просвету легочного ствола положение и располагается на границе перехода сосудистого конуса миокарда в устье легочного ствола. Морфологически на клапане легочного ствола различают три створки: правую, промежуточную и левую (рис. 2). Для каждого кармашка клапана характерно наличие свободного участка створки, мест их прикрепления в устье легочного ствола (комиссуры), донной части и внешнего выпячивания (синуса Вальсальвы).

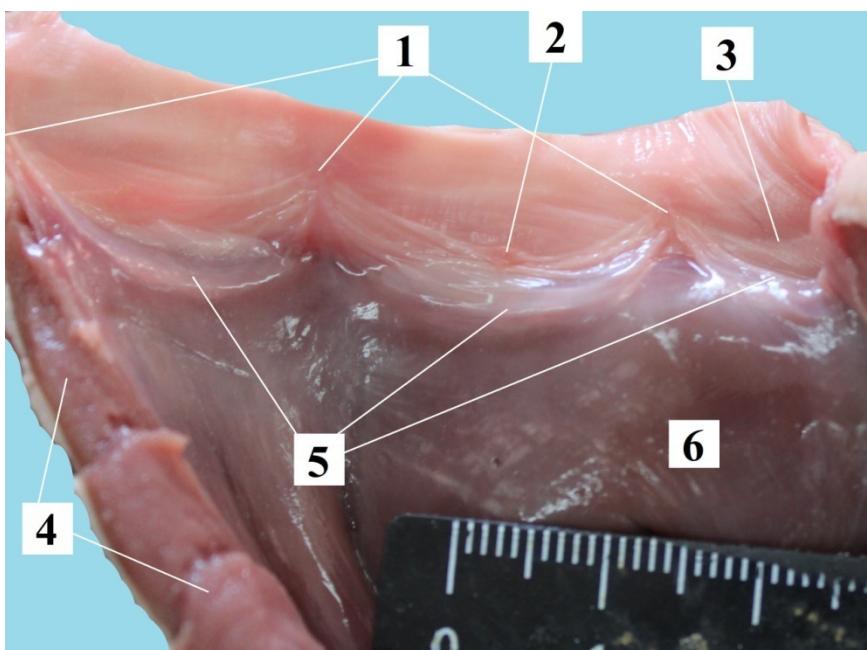


Рис. 2. Полулунный клапан легочного ствола сердца сибирской косули:
 1 – комиссуры створок клапана; 2 – узелок промежуточной створки клапана;
 3 – свободный край левой створки клапана; 4 – стенка правого желудочка сердца;
 5 – проекционное расположение донной части кармашков клапана легочного ствола;
 6 – миокард сосудистого конуса правого желудочка

Fig. 2. The semilunar valve of the pulmonary trunk of the Siberian roe deer heart: 1 – commissures of the valve flaps; 2 – nodule of the intermediate valve leaf; 3 – the free edge of the left valve leaf; 4 – the wall of the right ventricle of the heart; 5 – the projection location of the bottom of the pockets of the valve of the pulmonary trunk; 6 – the myocardium of the vascular cone of the right ventricle

Свободные края створок, вместе с выраженным узелками, направлены к просвету устья легочного ствола и остро реагируют на малейшие изменения тока крови. При анализе морфометрических показателей установлено, что значения свободного участка створок клапана отличаются незначительно,

высота их составила $12,20 \pm 0,11$ мм, ширина – $28,03 \pm 0,29$ и толщина – 0,18 мм. Значения ширины створок превосходили значения расстояния между их прикреплениями в 1,4 раза, что определяется эластичностью стенки легочного ствола (табл. 2).

Таблица 2

**Морфометрия структур полуулунного клапана легочного ствола ($M \pm m$), мм
Morphometry of structures of the semilunar valve of the pulmonary trunk, $M \pm m$**

Структуры полуулунных клапанов аорты	Створка полуулунного клапана легочного ствола		
	правая	промежуточная	левая
Высота полуулунных створок	$12,10 \pm 0,21$	$12,20 \pm 0,17$	$12,40 \pm 0,28$
Ширина полуулунных створок	$28,80 \pm 0,18$	$28,20 \pm 0,11$	$28,00 \pm 0,13$
Толщина полуулунных створок	0,17	0,18	0,18
Расстояние между комиссурами створок	$19,80 \pm 0,17$	$20,10 \pm 0,33$	$19,10 \pm 0,23$
Глубина желудочковой части кармашков полуулунных клапанов аорты	$5,90 \pm 0,11$	$3,80 \pm 0,09$	$4,80 \pm 0,13$

В кармашках клапана легочного ствола можно отметить выраженность донной части, где у правой створки отмечено ее максимальное значение – $5,90 \pm 0,11$ мм, а у промежуточной минимальное ее значение – $3,80 \pm 0,09$ мм. Если просматривать данные структуры через просвет легочного ствола, можно увидеть, что они практически перекрывают просвет устья сосуда, что позволяет основную нагрузку распределять именно на донную часть кармашков, а затем способствовать захлопыванию створок клапана.

Наличие узелков (морганы) у клапана легочного ствола было отмечено у 67% створок. Размеры узелков незначительные (0,41 x 1,37 мм), имеют некоторую асимметрию (11,3%) в расположении относительно центра свободного края створок клапана. У новорожденных козлят англо-нубийской породы показатели (длина, ширина и толщина) имеют максимальное значение у промежуточной створки, а выраженность аранциевых узелков отмечена у 75% особей [4, 10].

и септальной), где морфометрические показатели свободного края левой створки превосходят значения двух других. Наибольшая выраженность донной части кармашков отмечена на уровне левой и правой створок, их значение колеблется от $4,20 \pm 0,13$ до $7,45 \pm 0,27$ мм. Наличие узелков отмечено на 55,6% створок, каждый узелок из которых смещен относительно центра свободного края на 11,4%.

2. Полулунный клапан легочного ствола представлен тремя створками: левой, промежуточной и правой, высота створок клапана находится на уровне $12,20 \pm 0,11$ мм, ширины – $28,30 \pm 0,29$ и толщины – 0,18 мм. Донная часть развита у всех кармашков клапана, она перекрывает практически весь просвет устья и наибольшее развитие получила у правого кармашка – $5,90 \pm 0,11$ мм. Узелки клапана легочного ствола отмечены у 67% створок, где был отмечен схожий с аортальным клапаном процент отклонения от центра створки.

3. По анализу показателей расстояния между комиссурами створки и ширины свободного ее участка можно судить о выраженности эластичности стенки легочного ствола и аорты. При этом ширина свободного края створки превосходит значение расстояния между комиссурами у клапана легочного ствола в 1,4 и клапана аорты в 1,34 раза.

ВЫВОДЫ

1. Аортальный клапан сибирской косули формирован тремя створками (левой, правой

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ермолик В.Б. Биотехнические приемы сохранения сибирской косули (*Capreolus pygargus*) в зимних условиях как метод управления биоресурсами в государственных природных заказниках: дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 2017. – 163 с.
2. Тарасевич В.Н., Рядинская Н.И. Особенности морфологии полуулунных клапанов сердца байкальской нерпы // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 98. – С. 111–119.

3. *Khvatov V., Shchipakin M.* Histological features of Anglo-Nubian goats heart valves // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, N 16. – P. 1116. – DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.329.
4. *Tarasevich V.N.* Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal // BIO Web of Conferences: Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 maya 202. – Kazan: EDP Sciences; 2021. – P. 00061. – DOI: 10.1051/bioconf/20213700061.
5. *Тарасевич В.Н.* Особенности морфологии поперечного грудного мускула у маралов в постнатальном онтогенезе // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6(129). – С. 150–154.
6. *Myoendocardial* formations of heart atria and ventricles of the female Amur leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptyilurus*) in normal fertile age / R.A. Zhilin, I.P. Korotkova, E.N. Liubchenko [et al.] // Cardiometry. – 2021. – N 20. – P. 41–44. – DOI: 10.18137/cardiology.2021.20.4043.
7. *Влияние* на структуры организма эволюционных сил на примере морфологического исследования сердца амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) / Р.А. Жилин, Е.Н. Любченко, И.П. Короткова [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2022. – № 1(45). – С. 14–18.
8. *Хватов В.А., Щипакин М.В., Глушонок С.С.* Морфология дуги аорты и её ветвей у кошек породы мейн-кун // Вестник НГАУ. – 2022. – № 3(64). – С. 142–148. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-142-148.
9. *Васильев Д.В., Хватов В.А., Былинская Д.С.* Гистологические закономерности полулунного клапана легочного ствола у козы англо-нубийской породы // Международный вестник ветеринарии. – 2022. – № 1. – С. 124–127. – DOI: 10.52419/issn2072-2419.2022.1.124.
10. *Хватов В.А., Щипакин М.В.* Особенности анатомии полулунных клапанов сердца коз англо-нубийской породы в возрастном аспекте // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны: материалы междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2020 г. – СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т вет. медицины, 2020. – С. 355–357.
11. *Тарасевич В.Н., Рядинская Н.И.* Особенности строения трехстворчатого клапана сердца у байкальской нерпы // Морфология. – 2020. – Т. 157, № 2–3. – С. 208.
12. *Tarasevich V.N.* Anatomical and histological structure of aortic valve in Baikal seal // E3S Web of Conferences, Orel, 24–25 февраля 2021 г. – Orel, 2021. – P. 08009. – DOI: 10.1051/e3s-conf/202125408009.
13. *Торшков А.А.* Возрастные особенности полулунных клапанов крупного рогатого скота и свиней // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Оренбург: Изд. центр ОГАУ. – 2006. – № 1(9). – С. 89–91.
14. *Цускман И.Г., Степанова Л.В., Фоменко Л.В.* Источники венозного оттока от сердца утки пекинской // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3(44). – С. 100–106.
15. *Завалеева С.М., Чиркова Е.Н.* Морфология внутренних структур сердца косули // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: материалы III междунар. науч. конф. (Оренбург, 25–27 мая 2006 г.). – Оренбург: Принт-сервис, 2006. – С. 225–226.
16. *Пинцет для работы с лимфатической системой / Ю.М. Малофеев, Л.В. Ткаченко, В.Н. Тарасевич [и др.]* // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6(60). – С. 55–56.
17. *Морфология глубокой плечевой артерии грудной конечности домашнего северного оленя в онтогенезе / М.С. Потапов, К.Р. Нифонтов, А.Н. Белогуров [и др.]* // Вестник НГАУ. – 2019. – №4. – С. 85–91. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-53-4-85-91>.
18. *Клевезаль Г.А., Клейненберг С.Е.* Определение возраста млекопитающих по слоистым структурам зубов и кости. – М.: Наука, 1967. – 144 с.

REFERENCES

1. Ermolik V.B., *Biotechnicheskie priemy sokhraneniya sibirkoi kosuli (Capreolus pygargus) v sibirskikh kak metod upravleniya bioresursami v gosudarstvennykh prirodnnykh zakaznikakh* (Biotechnical methods of conservation of Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*) in Siberian forests as a method of bioreources management in state nature reserves), Candidates thesis, Novosibirsk, 2017, 163 p.

2. Tarasevich V.N., Ryadinskaya N.I., *Vestnik IrGSKhA*, 2020, No. 98, pp. 111–119. (In Russ.)
3. Khvatov V., Shchipakin M., Histological features of Anglo-Nubian goats heart valves, *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 2020, Vol. 11, No. 16, pp. 1116, DOI 10.14456/ITJEMAST.2020.329.
4. Tarasevich V.N., Morphological features of the venous bed of the heart of the Baikal seal, *BIO Web of Conferences* (Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources), Kazan, 28–29 maya 2021, Kazan: EDP Sciences; 2021, pp. 00061, DOI 10.1051/bioconf/20213700061.
5. Tarasevich V.N., *Vestnik KrasGAU*, 2017, No. 6 (129), pp. 150–154. (In Russ.)
6. Zhilin R.A., Korotkova I.P., Liubchenko E.N. [et al.], Myoendocardial formations of heart atria and ventricles of the female Amur leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*) in normal fertile age, *Cardiometry*, 2021, No. 20, pp. 41–44, DOI 10.18137/cardiology.2021.20.4043.
7. Zhilin R.A., Lyubchenko E.N., Korotkova I.P. [et al.], *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2022, No. 1 (45), pp. 14–18. (In Russ.)
8. Khvatov V.A., Shchipakin M.V., Glushonok S.S., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 142–148, DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-142-148. (In Russ.)
9. Vasil'ev D.V., Khvatov V.A., Bylinskaya D.S., *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*, 2022, No. 1, pp. 124–127, DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.1.124. (In Russ.)
10. Khvatov V.A., Shchipakin M.V., *Znaniya molodykh dlya razvitiya veterinarnoi meditsiny i APK strany* (Young people's knowledge for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country), Materials of the international scientific conference, Noyabrya 19–20, 2020, Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet veterinarnoi meditsiny, 2020, pp. 355–357. (In Russ.)
11. Tarasevich V.N., Ryadinskaya N.I., *Morfologiya*, 2020, T. 157, No. 2–3, pp. 208. (In Russ.)
12. Tarasevich V.N., Anatomical and histological structure of aortic valve in Baikal seal, *E3S Web of Conferences*, Orel, 24–25 fevralya 2021 g., Orel, 2021, pp. 08009, DOI 10.1051/e3s-conf/202125408009.
13. Torshkov A.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2006, No. 1 (9), pp. 89–91. (In Russ.)
14. Tsuskman I.G., Stepanova V., Fomenko L.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 100–106. (In Russ.)
15. Zavaleeva S.M., Chirikova E.H., *Bioraznoobrazie i bioresursy Urala i sopredel'nykh territorii* (Biodiversity and bioresources of the Urals and adjacent territories), Proceedings of the III International Scientific Conference, Maya 25-27, Orenburg: Print-servis, 2006, pp. 225–226. (In Russ.)
16. Malofeev Yu.M., Tkachenko L.V., Tarasevich V.N. [et al.], *Agrarnyi vestnik Urala*, 2009, No. 6 (60), pp. 55–56. (In Russ.)
17. Potapov M.C., Nifontov K.R., Belogurov A.N. [et al.], *Vestnik NGAU*, 2019, No. 4, pp. 85–91, <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-53-4-85-91>. (In Russ.)
18. Klevezal' G.A., Kleinenberg S.E., *Opredeleniye vozrasta mlekopitayushchikh po sloistym strukturam zubov i kosti* (Determining the age of mammals from the layered structures of teeth and bone), Moskow: Nauka, 1967, 144 p.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВИ ПОДОПЫТНЫХ КРЫС В ОЦЕНКЕ ОСТРОЙ ОРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ВЕТОМА 20.76 НА ОСНОВЕ ХИЩНОГО ГРИБА *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA*

Р.Г. Уткина, соискатель

Г.А. Ноздрин, доктор ветеринарных наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: vrsunlight@list.ru

Ключевые слова: доклинические исследования, острая токсичность, острая оральная токсичность, *Arthrobotrys oligospora*, Ветом 20.76, биохимические исследования крови.

Реферат. Показано воздействие опытного препарата Ветом 20.76 на основе *Arthrobotrys oligospora* на биохимические показатели крови подопытных крыс. Комплекс доклинических исследований по изучению острой токсичности был проведен на белых нелинейных крысах (самках) в возрасте 8 недель. Было сформировано четыре опытных и одна контрольная группы. Животным из опытных групп был однократно введен исследуемый препарат в диапазоне испытуемых доз (5; 50; 300 и 5000 мкл/кг). Наблюдения за подопытными животными велись ежедневно в течение 14 дней. Животные опытных групп имели положительную динамику роста и развития даже при дозировке препарата 5000 мкл/кг. В ходе доклинических исследований у подопытных животных был определен комплекс биохимических показателей крови: общий белок (г/л), альбумин (г/л), глобулин (г/л), креатинин (ммоль/л), АЛТ (Ед/л), глюкоза (ммоль/л), фосфор (ммоль/л), кальций (ммоль/л), калий (ммоль/л), натрий (ммоль/л) и общий холестерин (ммоль/л). По окончании исследования констатировали улучшение показателей, характеризующих обменные процессы, защитную функцию организма подопытных крыс в результате применения препарата как относительно первоначальных данных, так и по сравнению с аналогами из контроля. На протяжении исследования все биохимические показатели сыворотки крови подопытных крыс в исследуемых группах оставались в пределах физиологической нормы, что говорит о безопасности препарата. У животных не регистрировали нежелательных побочных эффектов даже при применении Ветома 20.76 в максимальной дозе. Ветом 20.76 был отнесен к четвертому классу токсичности согласно ГОСТ 12.1.007-76.

BIOCHEMICAL STUDIES OF BLOOD OF EXPERIMENTAL RATS IN THE ASSESSMENT OF ACUTE ORAL TOXICITY OF VETOM 20.76 BASED ON THE PREDATORY FUNGUS *ARTHROBOTRYS OLIGOSPORA*

Р.Г. Уткина, Applicant

Г.А. Ноздрин, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: vrsunlight@list.ru

Keywords: preclinical studies, acute toxicity, acute oral toxicity, *Arthrobotrys oligospora*, Vetom 20.76, blood biochemical studies.

Abstract. The effect of the experimental preparation Vetom 20.76 based on *Arthrobotrys oligospora* on the biochemical blood parameters of experimental rats was shown. A complex of preclinical studies to study acute toxicity was carried out on nonlinear white rats (females) at eight weeks of age. Four experimental and one control group were formed. Animals from the experimental groups were injected once with the test drug in the range of test doses (5 μ l/kg, 50 μ l/kg, 300 μ l/kg, 5000 μ l/kg). The experimental animals were observed daily for 14 days. The animals of the experimental groups had positive growth and development dynamics even at the drug dosage of 5000 μ l/kg. A complex of blood biochemical studies was investigated during preclinical studies in experimental animals. The primary biochemical indicators of blood serum studied during the experiment: total protein (g/L), albumin (g/L), globulin (g/L), creatinine (μ mol/L), ALT (U/L), glucose (mmol/L), phosphorus (mmol/L), calcium (mmol/L), potassium (mmol/L), sodium (mmol/L) and total cholesterol (mmol/L). At the end of the study, we stated the improvement of indicators characterizing metabolic processes and protective function of the body of experimental rats as a result of using the drug, both relative to the original data and compared with counterparts from the control. During the study, all biochemical indices of the blood serum of the experimental rats in the studied groups remained within the physiological norm, indicating the drug's safety. Furthermore, no undesirable

side effects were recorded in the animals, even when using Vetom 20.76 at the maximum dose. Therefore, Vetom 20.76 was assigned to the fourth toxicity class according to SS (State Standard) 12.1.007-76.

Гриб *Arthrobotrys oligospora* семейства Orbiliaceae обладает доказанным нематофаговым действием. Однако о его влиянии на биохимический профиль крови животных известно крайне мало: в ранних исследованиях, сфокусированных на антипаразитарном действии гриба, учёные иногда отслеживали динамику сывороточного пепсиногена в крови подопытных животных [1, 2].

Между тем исследование биохимических показателей крови явилось важной составляющей в ряде задокументированных в научной литературе опытов с применением различных грибов, проведённых на крысах. Так, к примеру, был экспериментально подтверждён гипогликемический эффект экстракта гриба *Cordyceps militaris* [3, 4]. Скармливание экзополисахаридов грибов *Cerrena unicolor*, *Coprinus comatus* и *Lenzites betulina* также привело к снижению уровня глюкозы в плазме крыс, больных диабетом [5]. Содержание аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ), альбумина и общего билирубина в сыворотке крови крыс изучалось в рамках исследования на крысах, по результатам которого было подтверждено гепатопротекторное действие гриба *Trichurus spiralis* Hasselbr. [6]. В настоящей работе АСТ и общий билирубин не были включены в список биохимических показателей сыворотки крови подопытных животных ввиду затруднительности интерпретации колебаний данных параметров [7].

Целью настоящего исследования является выявление влияния нового микробиологического препарата серии Ветом на основе хищного гриба *A. oligospora* на биохимические показатели крови подопытных животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперимент выполняли на белых нелинейных крысах, прошедших карантин 14 дней. В опыте были использованы нерожавшие самки в возрасте 8 недель со средней массой тела 203 г. Разница в массе тела у подопытных животных была менее 10%. При пероральном введении исследуемого препарата по принципу сбалансированных групп-аналогов были сформированы группы по 5 лабораторных животных в каждой.

Температура в лабораторной комнате составляла 20 ± 3 °С, освещение – искусственное в последовательности 12 ч свет, 12 ч темнота. При кормлении была использована обычная лабораторная диета («Крупы Востока» – корм для лабораторных крыс и мышей) с неограниченным количеством питьевой воды.

Изучаемый препарат Ветом 20.76 вводили фиксированными объемами (1,0–5,0 мл) в диапазоне испытуемых доз в жидком состоянии с разбавлением дистиллированной водой: 1-я опытная группа – 5 мкл/кг массы, 2-я – 50, 3-я – 300, 4-я – 5000 мкл/кг. Контрольной группе препарат не вводили. Дозы вводимого препарата были приготовлены незадолго до его введения. Препарат вводился разовой дозой через шприц с резиновой канюлей. Перед введением дозы испытуемого препарата животные были ограничены в пище (т.е. крысы не были накормлены со вчера, но напоены – водой вволю), взвешены. После введения препарата крысы не кормили 3 ч.

Взятие крови производилось через ретророрбitalное сплетение при помощи пастеровской микропипетки до начала исследования, затем на 7-е и 14-е сутки с начала дачи препарата.

Биохимические исследования сыворотки крови проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Minitecno (ISE S.r.l., Италия) и полуавтоматическом биохимическом анализаторе Stat Fax 3300 (Awareness Technology, США) с применением реагентов от различных фирм-производителей. Исследованы следующие биохимические показатели сыворотки крови: общий белок (г/л), альбумин (г/л), глобулин (г/л), креатинин (мкмоль/л), АЛТ (Ед/л), глюкоза (ммоль/л), фосфор (ммоль/л), кальций (ммоль/л), калий (ммоль/л), натрий (ммоль/л) и общий холестерин (ммоль/л).

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнялась с помощью программы R-statistics. Применялся двусторонний U-критерий Манна-Уитни при сравнении опытных и контрольной групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биохимические показатели сыворотки крови исследуемых крыс, полученные до начала проведённого нами научного исследова-

ния, представлены в табл. 1. Их анализ показывает, что до начала исследования значения всех биохимических показателей практически не различались между исследуемыми группами. Статистически значимых различий между выборками не выявлено. Данное об-

стоятельство позволяет утверждать о чистоте эксперимента.

Результаты биохимического исследования сыворотки крови подопытных животных на 7-е сутки с начала дачи исследуемого препарата показаны в табл. 2.

Таблица 1

Биохимические показатели крови подопытных крыс до исследования, $Мe\pm SD$
Biochemical blood parameters of experimental rats before the study, $Мe\pm SD$

Показатель	Норма	Группа				
		1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	контрольная
Общий белок, г/л	59–84	63,50±0,80	64,40±0,99	64,30±0,28	63,80±0,67	64,20±1,01
Альбумин, г/л	32–43	33,30±0,63	33,70±0,48	33,80±0,51	33,50±0,63	33,50±0,63
Глобулин, г/л	29–48	30,70±0,31	30,50±0,98	30,60±0,26	30,60±0,70	30,80±0,95
Креатинин, мкмоль/л	35–200	63,70±5,51	69,00±3,54	64,70±4,74	65,20±7,51	62,10±5,63
АЛТ, Ед/л	17,5–30,2	22,60±0,33	22,90±0,40	22,90±0,45	21,90±0,34	22,50±0,43
Глюкоза, ммоль/л	5–10	5,71±0,46	5,91±0,34	5,78±0,30	5,28±0,33	5,33±0,36
Фосфор, ммоль/л	2,0–2,6	2,10±0,17	2,02±0,13	2,15±0,10	2,18±0,14	2,12±0,10
Кальций, ммоль/л	2,4–2,8	2,59±0,14	2,62±0,13	2,69±0,07	2,60±0,14	2,74±0,12
Калий, ммоль/л	4,6–6,0	5,24±0,21	5,16±0,31	5,55±0,52	5,16±0,18	5,01±0,29
Натрий, ммоль/л	129–150	136,90±0,93	137,20±0,72	137,40±0,49	136,70±0,73	137,00±1,12
Холестерин, ммоль/л	1,3–2,6	2,14±0,31	1,77±0,25	1,90±0,21	1,46±0,86	1,64±0,38

Таблица 2

Биохимические показатели крови подопытных крыс на 7-е сутки исследования, $Мe\pm Se$
Biochemical blood parameters of experimental rats on the 7th day of the study, $Мe\pm Se$

Показатель	Норма	Группа				
		1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	контрольная
Общий белок, г/л	59–84	64,60±1,04	65,40±0,27	66,0±0,70	66,50±0,30	64,60±1,39
Альбумин, г/л	32–43	33,40±0,29	34,00±0,23	33,90±0,49	34,20±0,25	33,40±0,81
Глобулин, г/л	29–48	31,20±0,89	31,40±0,37	32,30±0,46*	32,30±0,48*	30,70±0,74
Креатинин, мкмоль/л	35–200	69,00±4,92	67,80±1,91	71,50±2,75	68,70±4,45	71,40±6,53
АЛТ, ед/л	17,5–30,2	23,80±0,61	23,20±0,31	23,20±0,87	24,50±0,83	23,20±0,55
Глюкоза, ммоль/л	5–10	5,78±0,32	5,43±0,22	5,95±0,52	5,94±0,25	5,88±0,30
Фосфор, ммоль/л	2,0–2,6	2,18±0,04	2,10±0,20	2,27±0,13	2,24±0,17	2,11±0,16
Кальций, ммоль/л	2,4–2,8	2,64±0,12	2,55±0,09	2,60±0,13	2,52±0,13	2,52±0,09
Калий, ммоль/л	4,6–6,0	5,12±0,26	5,21±0,46	5,18±0,20	5,32±0,42	5,48±0,17
Натрий	129–150	141,60±0,75	140,50±4,00	142,0±0,66	141,10±0,32	141,40±1,14
Холестерин	1,3–2,6	1,81±0,40	1,67±0,41	1,63±0,28	2,05±0,24	1,83±0,17

* Статистически значимое отличие от контроля, $U < 0,05$.

Из табл. 2 следует, что на 7-е сутки от начала применения исследуемого препарата значения содержания общего белка в сыворотке крови крыс контрольной и 1-й опытной групп совпадали, в то время как во 2-й опытной группе оно было выше относительно кон-

троля на 1,20%, в 3-й – на 2,16, в 4-й опытной группе – на 2,94%. Соответственно, назначение препарата в дозе 5000 мкл/кг живой массы и 300 мкл/кг оказалось вдвое больший эффект по сравнению с дозой 50 мкл/кг живой массы. При этом ни в одной группе значения

не превышали диапазона референсного значения, принятого для крыс.

Содержание альбумина в сыворотке крови 1-й опытной группы также совпадало с контрольной, у 2-й опытной группы оно превышало контроль на 1,79%, у 3-й – на 1,49, а у 4-й – на 2,39%.

Надёжность сывороточного альбумина как индикатора состояния скелетных мышц в последние годы подвергается сомнению, однако величины данного показателя в пределах интервала нормы следует интерпретировать как отсутствие патологического влияния на печень, почки животных, а также воспалительных процессов в организме [8].

Увеличение сывороточной концентрации общего белка и альбуминовой фракции под влиянием препаратов класса Ветом ранее также наблюдалось в исследованиях под руководством Г. А. Ноздрина [9–11].

Содержание глобулина у опытных групп превышало контрольную на 1,62% в 1-й группе, на 2,28 – во 2-й, на 5,21% – в 3-й и 4-й группах ($U < 0,05$).

Таким образом, уже на данном этапе эксперимента в организме опытных грызунов, по всей видимости, протекал более интенсивный белковый обмен сравнительно с аналогами из контроля, у них был сформирован больший белковый резерв.

Содержание сывороточного креатинина, по некоторым данным, положительно кор-

релирующее с мышечной массой [12], было ниже по сравнению с аналогичным показателем животных контрольной группы на 3,36% в 1-й группе, на 5,04 – во 2-й, на 3,78% – в 4-й группе (в пределах нормы). В 3-й опытной группе данный показатель был на уровне контрольной группы.

По концентрации АЛТ в сыворотке крови подопытных животных наблюдали незначительное превышение данного показателя в пределах физиологической нормы по сравнению с контрольной группой: на 2,6% – в 1-й группе, на 5,6% – в 4-й.

О лучшей липидной функции у 4-й опытной группы крыс может свидетельствовать содержание сывороточного холестерина, которое в пределах нормальных значений превышало контроль на 12,02%. В 1-й опытной группе данный показатель был ниже, чем в контрольной, на 1,09%, на 8,74% – во 2-й, на 10,92% – в 3-й, однако все значения находились в пределах физиологической нормы.

В показателях минерального обмена регистрировали равномерную динамику, без статистически значимых различий между исследуемыми группами. Все показатели оставались в пределах физиологической нормы.

В табл. 3 отображены результаты, полученные спустя 14 суток с начала применения препарата.

Таблица 3

Биохимические показатели крови подопытных крыс на 14-е сутки исследования, $M \pm Se$
Biochemical blood parameters of experimental rats on the 14th day of the study, $M \pm Se$

Показатель	Норма	Группа				
		1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная	контрольная
Общий белок, г/л	59–84	65,70 \pm 0,75	66,00 \pm 0,64	67,50 \pm 1,25	68,10 \pm 1,18*	65,00 \pm 0,90
Альбумин, г/л	32–43	34,00 \pm 0,51	34,20 \pm 0,70	34,50 \pm 0,75	34,50 \pm 0,70	33,50 \pm 0,80
Глобулин, г/л	29–48	31,50 \pm 0,40	32,00 \pm 0,39	32,80 \pm 1,03*	32,40 \pm 0,94*	31,50 \pm 0,23
Креатинин, мкмоль/л	35–200	70,40 \pm 4,56	64,50 \pm 3,79	69,40 \pm 4,33	73,30 \pm 7,73	73,90 \pm 5,94
АЛТ, ед/л	17,5–30,2	24,00 \pm 0,69	24,10 \pm 0,07	24,50 \pm 0,33	24,40 \pm 0,25	24,50 \pm 0,416
Глюкоза, ммоль/л	5–10	5,85 \pm 0,75	5,79 \pm 0,37	5,79 \pm 0,42	5,84 \pm 0,65	5,73 \pm 0,78
Фосфор, ммоль/л	2–2,6	2,37 \pm 0,21	2,13 \pm 0,20	2,26 \pm 0,17	2,11 \pm 0,17	2,24 \pm 0,11
Кальций, ммоль/л	2,4–2,8	2,49 \pm 0,13	2,63 \pm 0,12	2,60 \pm 0,09	2,58 \pm 0,12	2,42 \pm 0,16
Калий, ммоль/л	4,6–6,0	4,99 \pm 0,54	5,10 \pm 0,32	5,41 \pm 0,48	5,43 \pm 0,44	5,40 \pm 0,28
Натрий, ммоль/л	129–150	140,5 \pm 0,81	140,4 \pm 1,23	139,7 \pm 1,00	146,1 \pm 2,88*	139,8 \pm 1,35
Холестерин, ммоль/л	1,3–2,6	1,79 \pm 0,21	1,82 \pm 0,36	2,31 \pm 0,17	1,58 \pm 0,49	1,76 \pm 0,29

* Статистически значимое отличие от контроля, $U < 0,05$.

На завершающем этапе эксперимента также не регистрировали значений за пределами физиологической нормы. Содержание общего белка превышало контрольную величину на 1,07% в 1-й опытной группе, на 1,53 – во 2-й, на 3,84 – в 3-й и на 4,76% ($U < 0,05$) – в 4-й опытной группе, относительно первоначальных данных оно было выше на 3,46; 2,48; 4,97 и 6,73% соответственно. В контроле аналогичный показатель вырос на 1,24 % к результату, полученному до начала исследования.

В альбуминовой фракции наблюдали превышение контроля на 1,49% в 1-й группе, на 2,08 – во 2-й, на 2,98 – в 3-й и 4-й, это на 2,10; 1,48; 2,07 и 2,98% соответственно выше первоначальных данных.

Содержание сывороточного глобулина в 1-й опытной группе совпадало с контрольной, во 2-й группе превышало контроль на 1,58, в 3-й – на 4,12, в 4-й – на 2,85 и было выше первоначальных данных на 2,60; 4,91; 7,18 и 5,88% соответственно. В контрольной группе данный показатель возрос относительно значения, полученного до исследования, на 2,27%. Как видим, на данном этапе каждое увеличение дозы Ветома снова приводило ко всем более выраженному эффекту.

Концентрация сывороточного креатинина была меньше, чем в контрольной группе, на 4,74% (на 10,51 % выше первоначальных данных) в 1-й группе, на 12,71 (на 6,52 % ниже первоначальных данных) – во 2-й, на 6,08 (на 7,26 % выше первоначальных данных) – в 3-й группе и на 0,8% (на 12,42% выше первоначальных данных) – в 4-й группе.

Количество АЛТ в плазме животных по отношению к первоначальному уровню повысилось на 5,24–11,41%, что можно объяснить крайне высокой дозировкой препарата. По окончании исследования 1-я группа уступала контролю по содержанию АЛТ в сыворотке крови на 2,04%, 2-я – на 1,63, 4-я – на 0,4%.

В сывороточном уровне глюкозы на протяжении эксперимента не выявлено значительных колебаний в зависимости от величины суточной дозы назначаемого препарата: относительно первоначальных данных итоговые значения были повышены на 0,17–10,00%.

За время исследования содержание сывороточного фосфора в контрольной группе увеличилось на 5,66 %, в опытных группах – на 5,11–12,85%.

Содержание кальция в плазме подопытных крыс в контроле уменьшилось на 11,67%, в 1-й опытной группе – на 3,58%, в 3-й – на 3,43, в 4-й – на 0,76%. Исключение составила 2-я группа, где наблюдали повышение содер-

жания кальция на 0,38%. Однако все изменения были в пределах референсных значений.

Прирост в концентрации сывороточного калия составил в контрольной группе 7,78% относительно первоначальных данных, в 4-й опытной группе – на 5,23%. При этом в 1-й опытной группе данные показатели были ниже на 4,77%, во 2-й – на 1,16, в 3-й – на 2,52%, но также находились в пределах референсных значений.

В содержании натрия не прослеживается однозначной тенденции: значения показателя во всех группах по окончании эксперимента оказались ниже тех, что наблюдались на 7-е сутки применения препарата. Тем не менее, если в контроле показатель за экспериментальный период увеличился на 1,45%, то в опытных группах – на 1,67–6,87% ($U < 0,05$).

В целом можно говорить о положительном воздействии препарата на состояние показателей электролитов в сыворотке крови исследуемых животных.

Уровень холестерина в 1-й опытной группе был на нижнем уровне референсных значений, снизившись на 16,35%. Уровень холестерина в других контрольных группах (2–4-я) был выше первоначальных данных на 2,82–21,57%. При этом значения не достигли даже медианы диапазона физиологической нормы, поэтому подобный прирост не следует рассматривать как изменение патологического характера.

ВЫВОДЫ

1. Уже на 7-е сутки от начала применения Ветома 20,76 регистрировали его благотворное влияние на биохимический состав крови исследуемых крыс. В группах, где препарат назначали в суточных дозах 300 и 5000 мкл/кг живой массы, регистрировали достоверно большую (на 5,21%, $U < 0,05$) в сравнении с контрольным значением концентрацию сывороточного глобулина, что не противоречит ранее проведенным исследованиям [13–15].

2. По окончании исследования констатировали улучшение показателей, характеризующих обменные процессы, защитную функцию организма подопытных крыс, в результате применения препарата как относительно первоначальных данных, так и по сравнению с аналогами из контроля. Содержание общего белка превышало контрольную величину на 1,07% в 1-й опытной группе, на 1,53 – во 2-й, на 3,84 в 3-й, и на 4,76% ($U < 0,05$) – в 4-й и

было выше первоначальных данных на 3,46; 2,48; 4,97 и 6,73% соответственно.

3. На протяжении исследования все биохимические показатели сыворотки крови подопытных крыс в исследуемых группах

оставались в пределах физиологической нормы, что говорит о безопасности препарата. У животных не регистрировали нежелательных побочных эффектов даже при применении Ветома 20.76 в максимальной дозе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Attempts to control infection with Ostertagia ostertagi (Trichostrongylidae) in grazing calves by adding mycelium of the nematode-trapping fungus Arthrobotrys oligospora (Hymomycetales) to cow pats* / J. Gronvold, S.A. Henriksen, P. Nansen [et al.] // Journal of Helminthology. – 1989. – Vol. 63, N 2. – P. 115–126.
2. *An attempt to implement the nematode-trapping fungus Duddingtonia flagrans in biological control of trichostrongyle infections of first year grazing calves* / J. Wolstrup, J. Gronvold, S.A. Henriksen [et al.] // Journal of Helminthology. – 1994. – Vol. 68, N 2. – P. 175–180.
3. *Improvement of insulin resistance and insulin secretion by water extracts of Cordyceps militaris, Phellinus linteus, and Paecilomyces tenuipes in 90% pancreatectomized rats* / S.B. Choi, C.H. Park, M.K. Choi [et al.] // Bioscience, biotechnology, and biochemistry. – 2004. – Vol. 68, N 11. – P. 2257–2264.
4. *Hypoglycemic activity of the fungi Cordyceps militaris, Cordyceps sinensis, Tricholoma mongolicum, and Omphalia lapidescens in streptozotocin-induced diabetic rats* / G. Zhang, Y. Huang, Y. Bian [et al.] // Applied microbiology and biotechnology. – 2006. – Vol. 72, N 6. – P. 1152–156.
5. *Hypoglycemic effect of crude exopolysaccharides produced by Cerrena unicolor, Coprinus comatus, and Lenzites betulina isolates in streptozotocin-induced diabetic rats* / M. Yamac, M. Zeytinoglu, G. Kanbak [et al.] // Pharmaceutical biology. – 2009. – Vol. 47, N 2. – P. 168–174.
6. *Pretreatment hepatoprotective effect of the marine fungus derived from sponge on hepatic toxicity induced by heavy metals in rats* / N.M. Abdel-Monem, A.M. Abdel-Azeem, E.S.H. El-Ashry [et al.] // BioMed research international. – 2013. – Vol. 2013. – P. 510879–510879.
7. *Thapa B.R., Walia A. Liver function tests and their interpretation* // The Indian Journal of Pediatrics. – 2007. – Vol. 74, N 7. – P. 663–671.
8. *Serum albumin in relation to change in muscle mass, muscle strength, and muscle power in older men* / C.K. Snyder, J.A. Lapidus, P.M. Cawthon [et al.] // Journal of the American Geriatrics Society. – 2012. – Vol. 60, N 9. – P. 1663–1672.
9. *Влияние пробиотического препарата ветом 1 на гематологические и биохимические показатели телят чёрно-пёстрой породы в ЗАО «Мышланское» Сузунского района Новосибирской области* / Г.А. Ноздрин, О.В. Лагода, Н.А. Готовчиков, Д.И. Ноздрин // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2017. – С. 185–187.
10. *Изучение влияния ветома 20.76 и ветома 1 на общий белок и его фракции в сыворотке крови гусей* / Н.С. Яковлева, Г.А. Ноздрин, М.С. Яковлева [и др.] // VI Всероссийская (национальная) научная конференция с международным участием. – Новосибирск, 2021. – С. 759–761.
11. *Determining the Acute Toxicity of New Preparation Vetom 20.76 on Geese and Ducks* / G. Nozdrin, R. Utkina, A. Lelyak, Y. Novik // Sarhad Journal of Agriculture. – 2020. – Vol. 36, N 2. – P. 470–477. – DOI: 10.17582//2020/36.2.470.477.
12. *Макаров В.Г. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных: справочник* / под ред. В.Г. Макарова, М.Н. Макаровой, Т.В. Абрашова. – СПб.: Лема, 2013. – С. 116–118.
13. *Ноздрин Г.А., Дёмина Е.Н. Хронофармакологические аспекты влияния пробиотического препарата Ветом 1.1 на содержание общего белка и его фракций в крови у здоровых телят* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 8. – С. 74–79.
14. *Ноздрин Г.А., Уткина Р.Г. Оценка скорости роста гусят и утят в доклиническом исследовании на острую токсичность нового микробиологического препарата ветом* // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. – Новосибирск, 2020. – Т. 5. – С. 73–76.

15. Уткина Р.Г., Ноздрин Г.А. Доклинические исследования по определению класса токсичности нового пробиотического препарата ветома 20.76 // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса. – Новосибирск, 2018. – С. 128–132.

REFERENCES

1. Gronvold J., Henriksen S.A., Nansen P. [et al.], Attempts to control infection with *Ostertagia ostertagi* (Trichostrongylidae) in grazing calves by adding mycelium of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* (Hymenomycetales) to cow pats, *Journal of Helminthology*, 1989, Vol. 63, No. 2, pp. 115–126.
2. Wolstrup J., Gronvold J., Henriksen S.A. [et al.], An attempt to implement the nematode-trapping fungus *Duddingtonia flagrans* in biological control of trichostrongyle infections of first year grazing calves, *Journal of Helminthology*, 1994, Vol. 68, No. 2, pp. 175–180.
3. Choi S.B., Park C.H., Choi M.K. [et al.], Improvement of insulin resistance and insulin secretion by water extracts of *Cordyceps militaris*, *Phellinus linteus*, and *Paecilomyces tenuipes* in 90% pancreatectomized rats, *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 2004, Vol. 68, No. 11, pp. 2257–2264.
4. Zhang G., Huang Y., Bian Y. [et al.], Hypoglycemic activity of the fungi *Cordyceps militaris*, *Cordyceps sinensis*, *Tricholoma mongolicum*, and *Omphalia lapidescens* in streptozotocin-induced diabetic rats, *Applied microbiology and biotechnology*, 2006, Vol. 72, No. 6, pp. 1152–156.
5. Yamac M., Zeytinoglu M., Kanbak G. [et al.], Hypoglycemic effect of crude exopolysaccharides produced by *Cerrena unicolor*, *Coprinus comatus*, and *Lenzites betulina* isolates in streptozotocin-induced diabetic rats, *Pharmaceutical biology*, 2009, Vol. 47, No. 2, pp. 168–174.
6. Abdel-Monem N.M., Abdel-Azeem A.M., El-Ashry E.S.H. [et al.], Pretreatment hepatoprotective effect of the marine fungus derived from sponge on hepatic toxicity induced by heavy metals in rats, *BioMed research international*, 2013, Vol. 2013, pp. 510879–510879.
7. Thapa B.R., Walia A., Liver function tests and their interpretation, *The Indian Journal of Pediatrics*, 2007, Vol. 74, No. 7, pp. 663–671.
8. Snyder C.K., Lapidus J.A., Cawthon P.M. [et al.], Serum albumin in relation to change in muscle mass, muscle strength, and muscle power in older men, *Journal of the American Geriatrics Society*, 2012, Vol. 60, No. 9, pp. 1663–1672.
9. Nozdrin G.A., Lagoda O.V., Gotovchikov N.A., Nozdrin D.I., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2017, pp. 185–187. (In Russ.)
10. Jakovleva N.S., Nozdrin G.A., Jakovleva M.S. [i dr.], *VI Vserossijskaja (nacional'noj) nauchnaja konferencija s mezhdunarodnym uchastiem*, Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2021, pp. 759–761. (In Russ.)
11. Nozdrin G., Utkina R., Lelyak A., Novik Y., Determining the Acute Toxicity of New Preparation Vetom 20.76 on Geese and Ducks, *Sarhad Journal of Agriculture*, 2020, Vol. 36, No. 2, pp. 470–477, DOI: 10.17582//2020/36.2.470.477.
12. Makarov V.G., *Fiziologicheskie, biohimicheskie i biometricheskie pokazateli normy jeksperimental'nyh zhivotnyh* (Physiological, biochemical and biometric indicators of the norm of experimental animals), Sankt-Peterburg: Lema, 2013, pp. 116–118.
13. Nozdrin G.A., Djomina E.N., *Sibirskij vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2007, No. 8, pp. 74–79. (In Russ.)
14. Nozdrin G.A., Utkina R.G., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2020, T. 5, pp. 73–76. (In Russ.)
15. Utkina R.G., Nozdrin G.A., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2018, pp. 128–132. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-232-231

УДК 638.157:595.7:638.124.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАБРОБРАКОНА ПРИТУПЛЕННОГО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПЧЕЛИНОЙ СУШИ

В.А. Чучунов, кандидат биологических наук, доцент

Е.Б. Радзивеский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Т.В. Коноблей, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Т.С. Самойлова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М.А. Перепелица, магистр

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

E-mail: chuchunov.78@mail.ru

Ключевые слова: органическое животноводство, пчела, сушь, энтомофаг, габробракон.

Реферат. Целью исследований являлась оценка эффективности использования энтомофага габробракона в сотоварнилищах как средства биологической защиты сушки от восковой моли в условиях органического пчеловодства. Поскольку сроки сезонной колонизации восковой моли в биологической защите имеют первостепенное значение, для получения максимальной отдачи от использования энтомофагов нами проводился двухфакторный опыт, при этом учитывали кратность обработок и количество используемого энтомофага. В группе выпускаемых энтомофагов 60–70% приходилось на долю самок, а 30–40% – на долю самцов. В ходе исследований нами были сформированы 11 групп по 19 рамок с сушью, для обеспечения питания имаго энтомофагов в середине улья размещали рамочку свежеоткаченного сотова с остатками меда. Сформированные группы располагали в 20 рамочных ульях, которые заполняли сушью полностью. Вследствие особенностей энтомофага проникать в различные отверстия и трещины улья располагали друг от друга на расстоянии, позволяющем предотвратить попадание энтомофага из одного улья в другой. В контрольной группе защитных обработок не проводили, а при постановке отрицательного опыта наряду с сушью в улье размещали рамки, уже пораженные личинками и куколками восковой моли. В течение сезона визуально отмечали степень поражения сот восковой молью. Эффективность использования габробракона в качестве агента биологической защиты сот определяли по количеству непораженных рамок, паразитированных гусениц и вылетевших имаго восковой моли. Оценивая степень поражения сот восковой молью, отмечали, что в вариантах, где размещение энтомофагов составляло 7 шт. и более на 1 м² с последующим усилением их популяции согласно схеме исследований, поражения сот практически отсутствовали, хотя следует отметить в некоторых ульях наличие пораженных энтомофагом личинок восковой моли. В то же время в контрольной группе и в группе, в которой закладывался отрицательный опыт, уже к июлю и августу вся сушь была поражена вредителем. Проведенные нами исследования убедительно доказывают целесообразность использования в сотоварнилищах в качестве средства борьбы с личинкой восковой моли энтомофага габробракона притупленного в количестве 7 шт./м² с усилением популяции в течение сезона путем четырехкратного выпуска энтомофага.

THE USE OF A HABROBRACON BLUNTED TO PROTECT BEE HONEYCOMB

В.А. Чучунов, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Е.Б. Радзивеский, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Т.В. Коноплея, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Т.С. Самойлова, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

М.А. Перепелица, Master student

Volgograd state agrarian university, Volgograd, Russia

E-mail: chuchunov.78@mail.ru

Keywords: organic animal husbandry, bee, bee's cells (honeycomb), entomophagous, Habrobracon.

Abstract. The research aimed to evaluate the effectiveness of using the entomophagous of the Habrobracon in honeycombs as a means of biological protection of the land from wax moths. We have conducted studies on the possibility of using organic beekeeping to protect honeycombs from wax moths through Habrobracon. Since the timing of seasonal colonization of wax moths in biological protection is paramount, to get the maximum benefit from using entomophagous, we conducted a two-factor experiment, taking into account the diversity of

treatments and the amount of entomophagous used. The group produced entomophagous; 60-70% accounted for females and 30-40% for males. During our research, we formed eleven groups of 19 frames with dry. The authors placed a structure of freshly woven honeycombs with honey residues in the middle of the hive to provide nutrition for imago-entomophagous. The formed groups were identified in 20 frame hives that filled the land. As a result of the peculiarities of the entomophagous to penetrate various holes and cracks, the hives were located apart from each other at a distance allowing to prevent the entomophagous from entering from another pack. No protective treatments were carried out in the control group, and when setting a negative experience along with the dry, frames were placed in the hive, already affected by larvae and wax moth pupae. During the season, the authors visually noted the degree of damage to combs by wax moths. The effectiveness of using *Habrobracon* as a biological protection of combs was determined by the number of natural frames that flew out, parasitic caterpillars and adults of the wax moth. Assessing the degree of damage to honeycombs by wax moth, it was noted that in variants where the placement of entomophagous was seven pieces or more per m² with the subsequent settlement of their population according to the research scheme, there were practically no cell lesions. However, it should be noted in some hives, the presence of wax moth larvae is affected by entomophagous. The pest affected the entire land by July-August simultaneously in both the control and group where the negative experience was laid. Our studies convincingly prove the practicality of using the bee's cells to combat the larva of the wax moth. The entomophagous of the *Habrobracon* blunted in the amount of 7 pcs/m², with the population settling during the season by a 4-fold release of the entomophagous.

Внедрение эффективных средств защиты при пчеловождении заботит не только пчеловодов, но и потребителей их продукции, так как показатели её качества и безопасности находятся в прямой взаимосвязи с жизнью и здоровьем людей [1, 2].

Применение достаточно эффективных, но оказывающих негативное влияние на продукцию ядохимикатов является сдерживающим фактором для использования ряда средств, вырабатываемых химической промышленностью. В связи с этим одним из перспективных экологичных и безопасных направлений средств защиты, которые могут применяться в отрасли пчеловодства при борьбе с вредителями, является биологическое. Использование энтомопатогенных организмов не оказывает негативного воздействия на продукцию пчеловодства.

С целью повышения конкурентоспособности и увеличения рентабельности пасек, а также с принятием нормативных документов ГОСТ Р 57022-2016 и ГОСТ 33980-2016, регламентирующих требования к органическому пчеловодству, встает вопрос, связанный с обеспечением сохранности сушки в сотохранилищах. Оценка и обеспечение качества пчеловодческой продукции как продукции органического производства изучались многими авторами [3–10].

Использование достаточно эффективных средств защиты сотохранилищ от вредителей (восковой моли) – одна из задач современного пчеловодства. Применяемые средства защи-

ты химической природы становятся неприемлемыми при производстве пчелопродукции, относящейся к органической, так как они и их метаболиты аккумулируются в сушки и затем могут попадать в товарную продукцию, влияя на жизнь и здоровье людей. Использование энтомопатогенных организмов, и в частности габробракона притупленного (*Habrobracon hebetor* Say сем. Braconidae, отр. Нутоптерта), является актуальным и перспективным.

Это перепончатокрылое насекомое с длиной тела до 3 мм, хитиновый покров у него темно-коричневый, практически черный. Паразитирует на гусеницах многих чешуекрылых: хлопковой совки, стеблевого кукурузного мотылька, яблонной плодожорки, мельничной огневки, восковых молей и прочих вредителей, наносящих огромный ущерб сельскому хозяйству и отрасли пчеловодства в частности [1, 11]. Плодовитость составляет от 100 до 150 яиц. Перед тем как отложить яйца в личинку вредителя, самка ее парализует, прокалывая тело с помощью яйцеклада, после чего инфицированная яйцами наездника личинка-хозяина прекращает питаться. Из отложенных яиц в зависимости от температуры окружающей среды в течение нескольких суток выходят личинки габробракона, которые развиваются на поверхности личинки моли, питаясь при этом гемолимфой жертвы, и там же оккукливаются, образуя белый шелковистый кокон, а уже через 8–15 дней выходит взрослое насекомое [12–14] (рис. 1).



Рис. 1. Разведение габробракона в лаборатории
Fig. 1. Breeding of the Habrobracon in the laboratory

Большая восковая моль имеет длину от 18 до 38 мм. Передние крылья коричнево-сероватые с коричнево-жёлтым задним краем и тёмными пятнами. Сама бабочка не питается вследствие недоразвитости системы пищеварения, однако ее гусеница способна испортить сотни пчелиных ячеек, делая сушь непригод-

ной для использования (рис. 2). Бабочка откладывает яйца белого цвета, из них через 5–8 суток выходят личинки длиной 1 мм, которые, питаясь вначале медом и пергой, а затем воском, превращаются в гусеницу, вырастающую до 2 см, после чего гусеница выгрызает себе ложе и окукливается [15–17].



Рис. 2. Рамки с сушью, пораженные восковой молью
Fig. 2. Honeycomb frame infested with a bee moth

Улучшение качества продукции пчеловодства является проблемой, которая с течением времени не теряет своей актуальности. В связи с этим производство продукции в соответствии с нормативной документацией по органическому пчеловодству является перспективным направлением. Сохранность пчелиной сушки без применения ветеринарных и химических средств (которые могут аккумулироваться в сотах и попадать в пчелопродукцию, ухудшая показатели её безопасности) – одна из задач при органическом пчеловождении. Организация лечебных мероприятий при органическом пчеловодстве изучалась в работах В.А. Злекина и др. [11], В.А. Чучунова и др. [18, 19].

Использование энтомофагов при производстве сельскохозяйственной продукции достаточно широко изучено и применяется при производстве продукции растениеводства. При производстве животноводческой продукции, и в частности при пчеловождении, в изучаемых нами источниках данных не обнаружено.

Целью наших исследований являлась оценка эффективности использования энтомофага габробракона в сотохранилищах как средства биологической защиты сушки от восковой моли.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На базе ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» давно проводятся исследования по использованию габробракона в качестве биозащиты овощных культур и хлопчатника. Наш выбор данного энтомофага обусловливался его повышенной двигательной активностью и поисковой способностью. В поисках гусениц насекомых-хозяев он способен мигрировать на сравнительно большие расстояния. Ведя активный поиск, он беспрепятственно проникает в ячейки пчелиного сота. Самки габробракона паразитируют на гусеницах восковой моли всех возрастов, но предпочтение отдают старшим возрастам начиная с 3-го гусенично-

го возраста, которые и наносят наибольший вред, вплоть до их окуклиивания.

В связи с этим нами были проведены исследования по возможности применения габробракона в условиях органического пчеловодства в качестве биологической защиты соторамок от восковой моли. Так как сроки сезонной колонизации восковой моли в биологической защите имеют первостепенное

значение, то для получения максимальной отдачи от использования энтомофагов нами проводился двухфакторный опыт, учитывающий кратность обработок и количество используемого энтомофага. В группе выпускаемых энтомофагов 60–70% приходилось на долю самок, а 30–40% – на долю самцов. Схема проведенных исследований представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схема опыта
Experience Scheme

Группа	Количество рамок	Размещение энтомофагов, шт/м ²	Кратность выпуска энтомофага
Опытная 1.1	20	5	3
Опытная 1.2	20	5	4
Опытная 1.3	20	5	5
Опытная 2.1	20	7	3
Опытная 2.2	20	7	4
Опытная 2.3	20	7	5
Опытная 3.1	20	10	3
Опытная 3.2	20	10	4
Опытная 3.3	20	10	5
Контрольная	20	-	-
Отрицательный опыт	20	-	-

В ходе исследований нами было сформировано 11 групп по 19 рамок с сушью для обеспечения питания имаго энтомофагов. В середине улья размещали рамочку свежеоткаченного сота с остатками меда. Сформированные группы располагали в 20 рамочных ульях, которые заполняли сушью полностью. Вследствие особенностей энтомофага проникать в различные отверстия и трещины улья располагали друг от друга на расстоянии, по-

зволяющем предотвратить попадание энтомофага из другого улья.

При этом в опытные группы размещали энтомофага габробракона в соответствии со схемой опыта на рамках с сушью (рис. 3), в контрольной группе защитных мероприятий не проводили, а при постановке отрицательного опыта наряду с сушью в улье размещали рамки, уже пораженные личинками и куколками восковой моли.

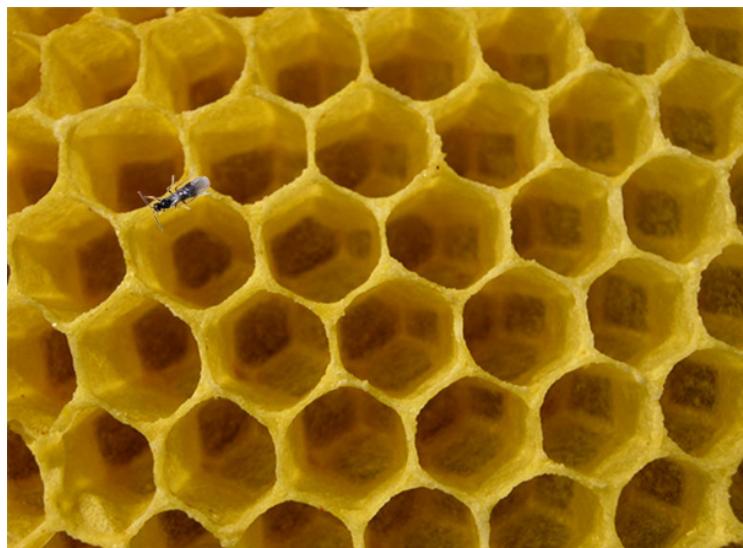


Рис. 3. Габробракон на сотах
Fig. 3. Habrobracon on a honeycomb

В течение сезона визуально отмечали степень поражения сот восковой молью. Эффективность использования в качестве биологической защиты сот габробакона определяли по количеству непораженных рамок, паразитированных гусениц и вылетевших имаго восковой моли.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты наших исследований представлены на рис. 4, 5.

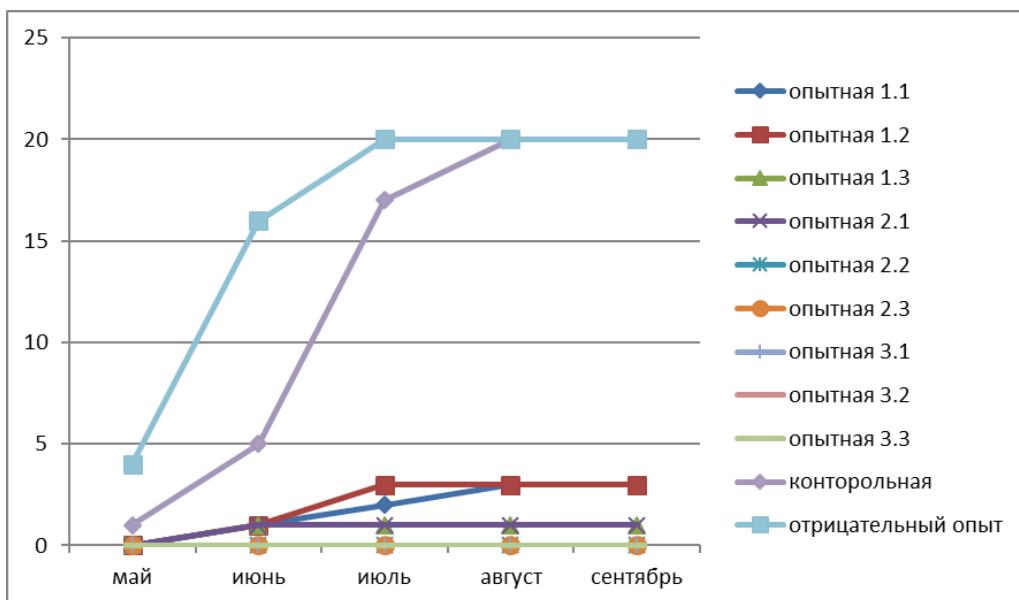


Рис. 4. Сравнительная оценка поражения сот восковой молью (пораженные рамки, шт.)
Fig. 4. Comparative assessment of honeycomb infestation by bee moth (infested frames, pcs.)

Уже в первый месяц постановки исследования в отрицательном опыте было поражено 4 рамочки сушки, а в контрольном – 1, во всех опытных образцах пораженных рамок выявлено не было. Через месяц в отрицательном опыте, а в контрольном через 2 месяца

вся сушь была поражена вредителем. Следует также отметить поражение сушки восковой молью опытных групп 1.1 и 2.1 и опытной группы 2.1, но они носили локальный характер и массового распространения не произошло.

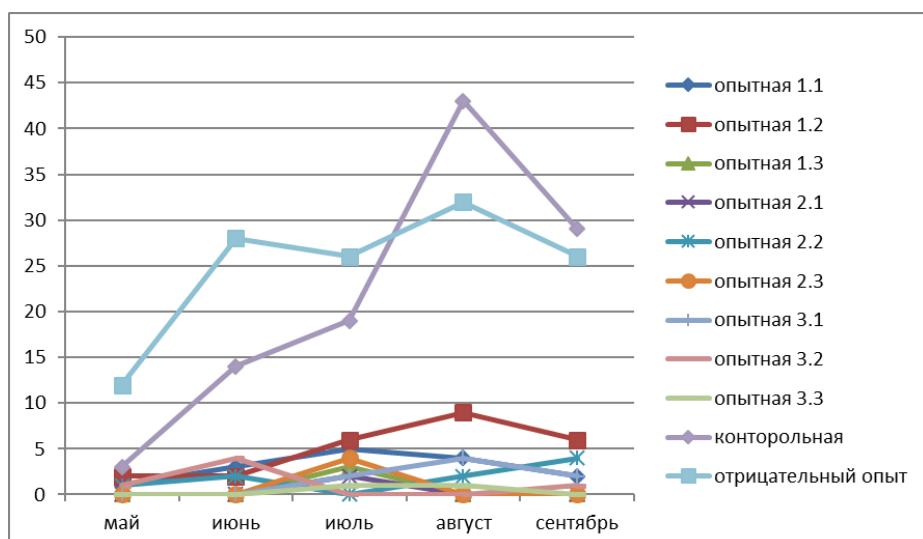


Рис. 5. Численность имаго восковой моли (шт.)
Fig. 5. The number of bee moth adults (pcs.)

Из рис. 5 видно, что хотя взрослые особи восковой моли в течение исследования регистрировались во всех группах, их количество в контрольном и отрицательном опытах в разы превосходит опытные группы.

Оценивая степень поражения сот восковой молью, отмечали, что в вариантах, где размещение энтомофага составляло 7 шт. и более на 1 м² с последующим усилением их

популяции согласно схеме исследований, поражения сот практически отсутствовали, хотя следует отметить в некоторых ульях наличие пораженных энтомофагом личинок восковой моли. В то же время в контрольной группе и в группе, в которой закладывался отрицательный опыт, уже к июлю и августу вся сушь была поражена вредителем.

Таблица 2

Экономическая эффективность хранения сот с использованием энтомофага
Cost-effectiveness of honeycomb storage using entomophagy

Показатели	Группа										
	отрицательный опыт	контрольная	опытная 1			опытная 2			опытная 3		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
Цена 20 шт. сушки, тыс. руб.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Количество сохраненной сушки, шт.	0	0	17	17	19	19	20	20	20	20	20
Цена энтомофагов, руб.	-	-	52,5	70	87,5	73,5	98	122,5	105	140	175
Производственные затраты, связанные с хранением сушки, руб/шт.	-	-	20,27	21,15	9,64	8,94	4,9	6,12	5,25	107	8,75
Условная прибыль, руб/шт.	-100	-100	79,73	78,85	90,36	91,06	95,1	93,88	94,75	93	91,25

Оценивая эффективность использования энтомофага для сохранности сушки в сотовых хранилищах, отмечали, что наибольший экономический эффект был получен при размещении энтомофагов в количестве 7 шт на 1 м² с четырехкратным усилением популяции в течение сезона (табл. 2). Такое количество используемого энтомофага и кратность его использования обеспечили 100%-ю сохранность сушки при производственных затратах на уровне 4,9 руб. в расчете на 1 рамку. Большие количества выпускаемого энтомофага увеличивают затраты, связанные с хранением сушки, а меньшее количество и кратность усиления популяции приводят к поражению сот восковой молью. В то же время неиспользование энтомофага приводит к полной потере сушки под влиянием развития личинок восковой моли.

ВЫВОДЫ

1. В опытах, где количество энтомофага было от 7 шт. на 1 м² при усилении согласно схеме исследований, поражения сот личинками восковой моли отсутствовали, в контрольной же группе и в группе с отрицательным опытом к концу сезона сушь всех рамок была уничтожена вредителем.

2. Наибольший экономический эффект был получен при размещении энтомофагов в количестве 7 шт на 1 м² с четырехкратным усилением популяции в течение сезона, такое количество используемого энтомофага и кратность его использования обеспечили 100%-ю сохранность сушки при производственных затратах на уровне 4,9 руб. в расчете на 1 рамку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бациллы против моли* / Н.Н. Шульга, В.А. Рябуха, И.С. Шульга, С.С. Дикунина, Д.В. Дудкина // Пчеловодство. – 2014. – № 3. – С. 24–25.
2. *Сравнительная оценка эффективности препаратов против большой восковой моли* / И.С. Шульга, Д.А. Желябовская, Л.А. Лаврушина, И.Е. Горбачёва // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2020. – № 3 (47). – С. 57–61.
3. *Афанасьев В.И. Роль Российской Федерации в развитии мирового органического сельского хозяйства и органического пчеловодства* / В.И. Афанасьев // Состояние и перспективы

- развития среднерусской породы пчел: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 54–62.
4. *Беспалова Т.С.* Органическое пчеловодство и экологические препараты для лечения пчел // Пчеловодство. – 2014. – № 3. – С. 25–26.
 5. *Кашковский В.Г., Плахова А.А.* Лечение пчелиных семей без лекарств, или зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел // Вестник НГАУ. – 2021. – № 2 (60). – С. 115–124.
 6. *Плахова А.А.* Современный способ обработки пчелиных семей против варроатоза // Вестник НГАУ. – 2022. – № 2 (63). – С. 92–96.
 7. *Чучунов В.А., Радзиевский Е.Б., Коноблей Т.В.* Применение муравьиной кислоты для лечения варроатоза пчел при ведении органического животноводства // Вестник НГАУ. – 2021. – №2. – С. 175–182.
 8. *Ульянич Н.В.* Органический мед // Пчеловодство. – 2016. – № 7. – С. 55–56.
 9. *Van der Steen J.J., de Kraker J., Grotenhuis T.* Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera L.*) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. – 2015. – N 6. – P. 96–102.
 10. *Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C.* Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. – 2013. – Vol. 90, N 3. – P. 61–63.
 11. *Безопасный медопыльцевой продукт / В.А. Злекин, В.А. Чучунов, Е.Б. Радзиевский, Т.В. Коноблей // Пчеловодство.* – 2022. – № 1. – С. 50–51.
 12. *Изучение трофических связей различных географических популяций эктопаразитоида гусениц *Habrobracon hebetor* Say / И.С. Агасьева, В.Я. Исмаилов, Е.В. Федоренко, М.В. Нефедова, А.О. Мкртчян // Труды Кубанского государственного аграрного университета.* – 2018. – № 75. – С. 59–65.
 13. *Исмаилов В.Я., Агасьева И.С., Настасий А.С.* *Habrobracon hebetor* Say – эффективный паразит в борьбе с яблонной плодожоркой // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 2. – С. 52–57.
 14. *Мизиева Л.Ю.* Наездник габробракон // Ингушский государственный университет. Студенческий журнал. – 2021. – № 29–1 (157). – С. 22–23.
 15. *Крутоголов В.Д.* Восковая моль – вредитель морозостойкий // Пчеловодство. – 2013. – № 2. – С. 42.
 16. *Клочко Р.Т., Луганский С.Н., Котова А.А.* Большая восковая моль // Пчеловодство. – 2012. – № 2. – С. 24–26.
 17. *Клочко Р.Т., Луганский С.Н., Блинов А.В.* Борьба с большой восковой молью на пасеках // Пчеловодство. – 2019. – № 3. – С. 34–36.
 18. *Чучунов В.А., Радзиевский Е.Б., Коноблей Т.В.* Организация лечебных мероприятий в органическом пчеловодстве при варроатозе // Пчеловодство. – 2021. – № 4. – С. 26–28.
 19. *Чучунов В.А., Куркчи А.А., Радзиевский Е.Б.* Качество и конкурентоспособность меда // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей. – Волгоград, 2021. – С. 73–75.

REFERENCES

1. Shul'ga N.N., Rjabuha V.A., Shul'ga I.S., Dikunina S.S., Dudkina D.V., *Pchelovodstvo*, 2014, No. 3, pp. 24–25. (In Russ.)
2. Shul'ga I.S., Zheljabovskaja D.A., Lavrushina L.A., Gorbachjova I.E., *Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii*, 2020, No. 3 (47), pp. 57–61. (In Russ.)
3. Afanas'ev V.I., *Sostojanie i perspektivy razvitiija srednerusskoj porody pchel* (Status and development prospects of the Central Russian breed of bees), Proceedings of the Conference Title, 2018, pp. 54–62. (In Russ.)
4. Bespalova T.S., *Pchelovodstvo*, 2014, No. 3, pp. 25–26. (In Russ.)
5. Kashkovskij V.G., Plahova A.A., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2 (60), pp. 115–124. (In Russ.)
6. Plahova A.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 2 (63), pp. 92–96. (In Russ.)
7. Chuchunov V.A., Radzievskij E.B., Konoblej T.V., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 2, pp. 175–182. (In Russ.)

8. Ul'janich N.V., *Pchelovodstvo*, 2016, No. 7, pp. 55–56. (In Russ.)
9. Van der Steen J.J., de Kraker J., Grotenhuis T., Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera L.*) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium, *Journal of Environmental Protection*, 2015, No. 6, pp. 96–102.
10. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C., Biomonitoring of Bees as Bioindicators, *Bee World*, 2013, Vol. 90, No. 3, pp. 61–63.
11. Zlepkin V.A., Chuchunov V.A., Radzievskij E.B., Konoblej T.V., *Pchelovodstvo*, 2022, No. 1, pp. 50–51. (In Russ.)
12. Agas'eva I.S., Ismailov V.Ja., Fedorenko E.V., Nefedova M.V., Mkrtchjan A.O., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, No. 75, 2018, pp. 59–65. (In Russ.)
13. Ismailov V.Ja., Agas'eva I.S., Nastasij A.S., *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2020, No. 2, pp. 52–57. (In Russ.)
14. Mizieva L.Ju., *Ingushskij gosudarstvennyj universitet, Studencheskij zhurnal*, 2021, No. 29–1 (157), pp. 22–23. (In Russ.)
15. Krutogolov V.D., *Pchelovodstvo*, 2013, No. 2, pp. 42. (In Russ.)
16. Klochko R.T., Luganskij S.N., Kotova A.A., *Pchelovodstvo*, 2012, No. 2, pp. 24–26. (In Russ.)
17. Klochko R.T., Luganskij S.N., Blinov A.V., *Pchelovodstvo*, 2019, No. 3, pp. 34–36. (In Russ.)
18. Chuchunov V.A., Radzievskij E.B., Konoblej T.V., *Pchelovodstvo*, 2021, No. 4, pp. 26–28. (In Russ.)
19. Chuchunov V.A., Kurkchi A.A., Radzievskij E.B., *Nauka i molodezh': novye idei i reshenija* (Science and youth: new ideas and solutions), Proceedings of the Conference Title, Volgograd, 2021, pp. 73–75. (In Russ.)

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-241-252

УДК 636.02; 636.082.252

ИНБРИДИНГ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ У МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН

¹**К.С. Шатохин**, кандидат биологических наук

²**С.В. Никитин**, кандидат биологических наук

¹**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук, профессор

²**В.И. Запорожец**, зоотехник

¹**М.Е. Седович**, магистрант

²**Е.В. Коршунова**, ст. лаборант

¹**В.И. Ермоляев**, доктор биологических наук

¹*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

²*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия*

E-mail: true_genetic@mail.ru

Ключевые слова: лабораторные мини-свиньи, корреляция, воспроизводительные качества, родство по Шапоружу, коэффициент инбридинга по Райту, сельское хозяйство.

Реферат. В литературе практически отсутствует статистический анализ влияния степени инбридинга на воспроизводительные качества лабораторных мини-свиней. Настоящая работа направлена на определение влияния фактора инбридинга на развитие таких признаков воспроизводства, как живая масса при рождении, многоплодие и сохранность поросят в подсосный период. В качестве объекта исследований были выбраны лабораторные мини-свиньи, выведенные при Институте цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск, Россия). Непосредственно оценивали следующие признаки: массу особи при рождении (крупноплодность); внутргнездовые минимум и максимум по живой массе при рождении; внутргнездовое стандартное отклонение живой массы при рождении; число живых поросят в гнезде при рождении (многоплодие); сохранность от рождения до 30 дней; сохранность с 6-го по 30-й день жизни. Результаты показали, что родство по Шапоружу и коэффициент инбридинга по Райту не оказали значимого эффекта на изучаемые признаки. Использование в анализе линейной регрессионной модели указывает на существование обратной зависимости внутргнездового стандартного отклонения живой массы новорождённого поросёнка от коэффициента инбридинга по Райту. Было высказано предположение, объясняющее практически полное отсутствие влияния коэффициента инбридинга на развитие средних значений воспроизводительных признаков. Причиной тому послужила система разведения, в которой тесный инбридинг использовался с «закольцовыванием» на лучших животных, а основной вектор отбора направлен на жизнеспособность и развитие гармоничного экстерьера животных. Таким образом, систематические близкородственные скрещивания при основном векторе способствовали очищению стада от вредных рецессивных мутаций, считающихся основной причиной негативных последствий инбридинга.

INBREEDING AND REPRODUCTIVE SIGNS IN MINI-PIGS ICG SB RAS

¹**K.S. Shatokhin**, PhD in Biological Sciences

²**S.V. Nikitin**, PhD in Biological Sciences

¹**N.N. Kochnev**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**В.И. Запорожец**, Zootechnician (Livestock Specialist)

¹**М.Е. Седович**, Master 's Student

²**Е.В. Коршунова**, Senior Laboratory Assistant

¹**В.И. Ермоляев**, Doctor of Biological Sciences

¹*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

²*Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk, Russia*

E-mail: true_genetic@mail.ru

Keywords: laboratory mini-pigs, correlation, reproductive qualities, Chaporouge kinship, Wright inbreeding coefficient, agriculture.

Abstract. There is practically no statistical analysis of the influence of the degree of inbreeding on the reproductive qualities of laboratory mini-pigs in the literature. The present work is aimed at determining the impact of the inbreeding factor on the development of such signs of reproduction as live weight at birth, multiple births

and the safety of piglets during the suckling period. Laboratory mini-pigs bred at the Institute of Cytology, and Genetics SB RAS (Novosibirsk, Russia) were selected as the research object. The following signs were directly evaluated: the mass of an individual at birth (significant fertility); intra-nest minimum and maximum by live weight at birth; the intra-nest standard deviation of live weight at birth; the number of live piglets in the nest at birth (multiple births); safety from birth to 30 days; safety from the 6th to the 30th day of life. The results showed that the relationship between Shapiro and the inbreeding coefficient by Wright did not significantly affect the studied traits. The use of a linear regression model in the analysis indicates the existence of an inverse dependence of the intra-nest standard deviation of the live weight of a newborn piglet on the Wright inbreeding coefficient. An assumption was made explaining the almost complete absence of the influence of the inbreeding coefficient on the development of the average values of reproductive traits. This was because of the breeding system, in which close inbreeding was used with “looping” on the best animals. The primary vector of selection is aimed at the viability and development of a harmonious exterior of animals. Thus, systematic closely related crosses with the primary vector contributed to the purification of the herd from harmful recessive mutations, which are considered the leading cause of the negative consequences of inbreeding.

Совершенствование методов селекции является постоянной задачей разведения животных. К одним из её конкретных направлений относится оптимизация использования инбридинга [1, 2]. В традиционном разведении свиней промышленного использования данная проблема успешно решалась при помощи структуризации пород на стада, линии и семейства [3]. В начале XXI в. начали практиковать контроль инбредности при помощи специального программного обеспечения, учитывающего, среди прочего, геномный коэффициент инбридинга [4, 5].

Особый интерес представляет проблема минимизации инбридинга и противодействия инбредной депрессии в разведении малочисленных селекционных групп, где подобные риски существенно выше, чем в многочисленных популяциях [6]. На примере разведения крупного рогатого скота показано, что низкая численность является значимым фактором увеличения коэффициента инбридинга [7]. Известно, что в сообществах численностью менее 2500 особей вероятность перехода рецессивных аллелей в гомозиготное состояние существенно выше, чем в более многочисленных популяциях [8].

Лабораторные мини-свиньи представляют собой довольно малочисленный объект разведения. Некоторые из них существуют в виде одной единственной колонии [9, 10], что ограничивает периодический обмен животными между стадами. Эффективность такого противоинбредного механизма была показана на примере природных популяций [11]. В разведении лабораторных мини-свиней использование инбридинга носит систематический характер, отчасти по причине его неизбежности из-за малочисленности селекционных групп [12–14]. На ранних стадиях формирования многих стад инбридинг использовали для консолидации мелких размеров, гармонично-

го экстерьера и некоторых медико-биологических особенностей [9]. В качестве средств снижения степени инбридинга используют минимизацию близкородственных скрещиваний и циклическую систему подбора родительских пар [15–17].

Удивляет то, что почти все работы, рассматривающие методы противодействия инбредной депрессии, мотивированы якобы наносимым ей «вредом», который практически не был подтверждён реальными примерами в разведении лабораторных мини-свиней. Известен лишь один случай, когда бесконтрольный инбридинг стал причиной деградации селекционной группы минисибсов [13]. В остальном влияние степени инбридинга на развитие конкретных признаков мини-свиней остаётся практически не изученным.

Цель исследований – статистическая проверка на наличие либо отсутствие эффекта инбридинга на воспроизводительные качества лабораторных мини-свиней, такие как масса поросёнка при рождении, сохранность молодняка в подсосный период и многоплодие свиноматок.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований была выбрана селекционная группа мини-свиней (мини-свиньи ИЦиГ СО РАН), разводимая в питомнике, который принадлежит Институту цитологии и генетики СО РАН и расположен в пос. Каинская Заимка в пригородной зоне г. Новосибирска. Особенности селекционной работы, содержания и кормления животных были описаны ранее [18, 19]. Численность reproductive группы составляет 12–15 хряков и 30–40 свиноматок. Стадо происходит от 5 свиноматок-родоначальниц крупной белой

породы (LW1902, LW1906, LW1910, LW1912 и LW1926), трёх светлогорских (MS2853, MS2913 и MS2987), двух ландрасских (LNDR03 и LNDR07) и двух вьетнамских хряков (VTN300 и VTN3001). Таким образом, в формировании селекционной группы участвовали крупная и мелкая форма домашней свиньи [13]. Структура стада включает четыре линии хряков и три семейства свиноматок, при индексе генеалогического сходства особей племенного ядра 90–100% [14] и среднем значении коэффициента инбридинга по Райту 5–7 % [20].

Материалы для исследования были получены в процессе рутинного разведения мини-свиней ИЦиГ СО РАН из журналов зоотехнического учёта за 2013–2020 гг. Были обработаны данные по молодняку в возрасте 0–30 дней из 305 гнёзд. Предметом изучения была оценка влияния коэффициента инбридинга на воспроизводительные качества животных, из которых в работе использовались:

- 1) масса особи при рождении (крупноплодность);
- 2) внутригнездовые минимум и максимум по живой массе при рождении;
- 3) внутригнездовое стандартное отклонение живой массы при рождении;
- 4) число живых поросят в гнезде при рождении (многоплодие);

5) сохранность от рождения до 30 дней;
6) сохранность с 6-го по 30-й день жизни.
Сохранность (*Saf*) вычисляли по формуле

$$Saf = \frac{n_i}{n_0} \cdot 100,$$

где n_0 и n_i – число поросят в начале и конце изучаемого периода.

Статистический анализ проводили при помощи табличного процессора Libre Office Calc и языка программирования R. Воздействие инбридинга на изменчивость воспроизводительных признаков оценивали несколькими методами.

1. Влияние родства по Шапоружу с помощью критериев Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса и визуализации при помощи графика типа boxplot. Родство по Шапоружу определяли с помощью анализа родословных для каждого гнезда согласно описаниям [3]. Количество животных с разной степенью родства по Шапоружу представлено на рис. 1. Животные с общим предком во II–IV и IV–V поколениях отсутствовали. Аутбредными именовались особи с уникальными предками в каждом ряду родословной. При анализе зависимости признаков воспроизводства от степени родства по Шапоружу не учитывались группы численностью менее 10 особей.

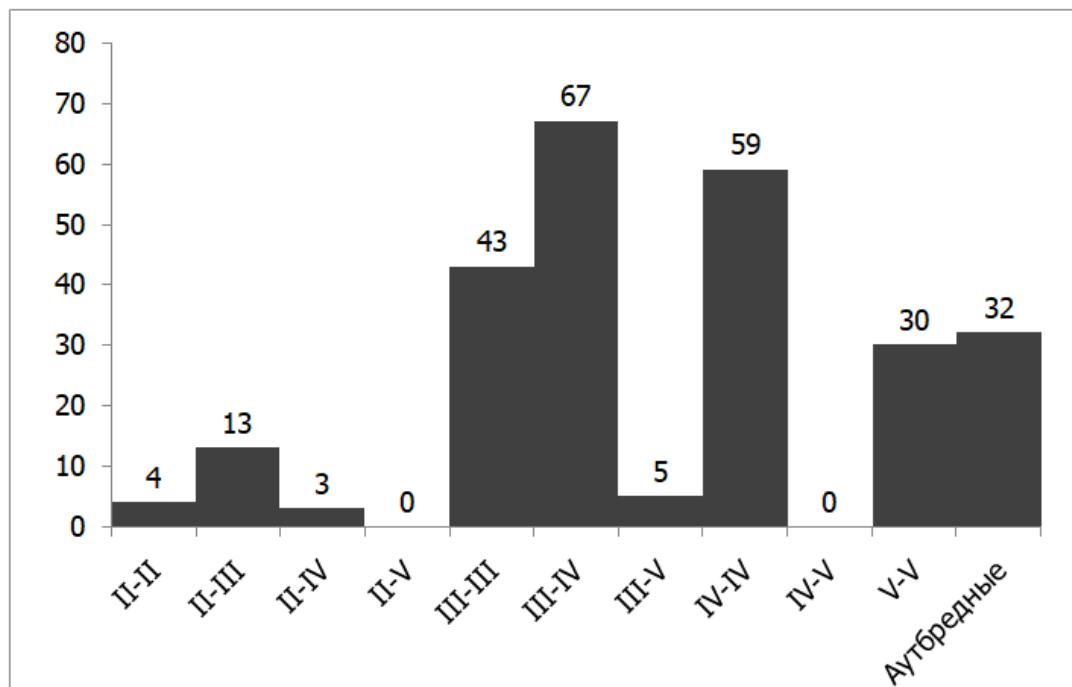


Рис. 1. Количество гнёзд в зависимости от родства по Шапоружу
Fig. 1. Number of nests as a function of kinship according to Chaporouge

2. Воздействие коэффициента инбридинга по Райту с использованием диаграммы рассеяния, коэффициентов корреляции Спирмена и Кендала, а также линейной регрессии. Коэффициент инбридинга по Райту рассчитывали исходя из генетического вклада каждого из родоначальников согласно рекомендациям [8]. Генетический вклад («доля крови») каждого родоначальника был определён методом анализа родословных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значимость родства по Шапоружу в качестве группирующего фактора признаков воспроизводства мини-свиней ИЦиГ СО РАН практически не была подтверждена критерием Краскела-Уоллиса. Спорный эффект был зафиксирован для количества поросят в гнезде (табл. 1).

Таблица 1

Оценка влияния родства по Шапоружу на изменчивость признаков воспроизводства с помощью критерия Краскела-Уоллиса (H)

Evaluation of the effect of Chaporouge kinship on the variability of reproductive traits using the Kruskal-Wallis criterion (H)

Признак	H	p-value
Средняя живая масса, г	10,8240	0,0940
Минимальная живая масса, г	8,7119	0,1904
Максимальная живая масса, г	8,7406	0,1887
Внутргнездовое стандартное отклонение, г	6,7919	0,3405
Количество поросят в гнезде при рождении	12,5100	0,0515
Сохранность за 0–30 дней, %	7,4010	0,2853
Сохранность за 6–30 дней, %	9,3733	0,1536

Для уточнения эффекта родства по Шапоружу на изменчивость признаков воспроизводства проведен анализ крайних вариантов родства при помощи критерия Манна-Уитни (табл. 2). Не обнаружено достоверных различий между гнёздами от животных, имевших общего предка по отцовской и материнской родословной во II–III и V–V поколениях, а также между аутбредными и II–III. По

таким признакам, как сохранность, средняя, максимальная и минимальная живая масса, не наблюдалось достоверной разницы между средним показателем инбредных и аутбредных животных. Количество поросят при рождении в аутбредных гнёздах ($5,66 \pm 0,37$) в среднем на одного поросёнка меньше, чем в инбредных ($6,74 \pm 0,14$) (табл. 2).

Таблица 2

Оценка влияния родства по Шапоружу на воспроизводительные качества мини-свиней ИЦиГ СО РАН с помощью критерия Манна-Уитни (W)

Mann-Whitney test (W) to estimate the effect of Chaporoozh kinship on the reproductive qualities of miniature pigs of IC&G SB RAS

Признак	Группа 1	Группа 2	W	p-value
1	2	3	4	5
Количество поросят при рождении	II–III	V–V	143,0	0,1690
	II–III	Аутбредные	222,5	0,7220
	Инбредные	Аутбредные	5213,0	0,0210*
Средняя живая масса поросёнка в гнезде при рождении, г	II–III	V–V	241,0	0,2322
	II–III	Аутбредные	211,5	0,9401
	Инбредные	Аутбредные	3966,0	0,6433
Минимальная живая масса поросёнка в гнезде при рождении, г	II–III	V–V	236,0	0,2822
	II–III	Аутбредные	241,5	0,4071
	Инбредные	Аутбредные	4385,5	0,6429
Максимальная живая масса поросёнка в гнезде при рождении, г	II–III	V–V	201,5	0,8735
	II–III	Аутбредные	193,0	0,7149
	Инбредные	Аутбредные	3925,5	0,5792

Окончание табл.2

1	2	3	4	5
Сохранность поросят за 0–30 дней, %	II–III	V–V	247,5	0,1596
	II–III	Аутбредные	223,5	0,6940
	Инбредные	Аутбредные	4262,0	0,8438
Сохранность поросят за 6–30 дней, %	II–III	V–V	252,0	0,0955
	II–III	Аутбредные	227,0	0,5626
	Инбредные	Аутбредные	4234,5	0,8743

Примечание. Римскими цифрами обозначено поколение, в котором присутствует общий предок либо по отцовской, либо по материнской родословной. Под инбредными понимаются животные, имевшие общего предка со стороны отца и матери во II–V поколениях, под аутбредными – животные с уникальными предками в каждом ряду родословной; * $p<0,05$.

Note. Roman numerals indicate the generation with a common ancestor on the paternal or maternal pedigree. Inbred animals are animals with a common ancestor on the part of the father and mother in the II–V generations; outbred animals are animals with unique ancestors in each row of the pedigree; * $p<0.05$.

Визуализация изменчивости признаков воспроизводства демонстрирует стабильность средних значений количества поросят в гнезде, их живой массы при рождении и со-

хранности от 6- до 30-дневного возраста вне зависимости от степени родства их родителей по Шапоружу (рис. 2).

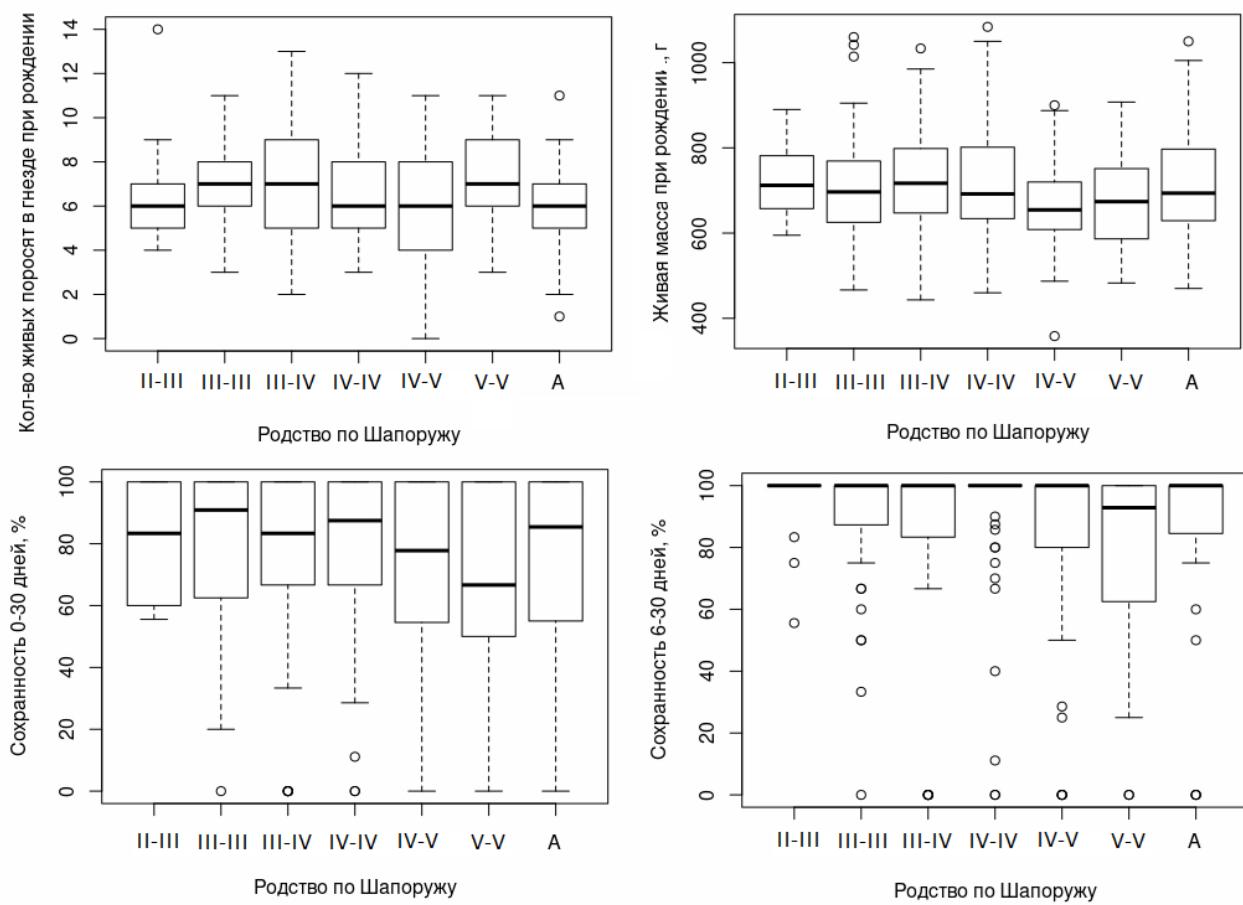


Рис. 2. Визуализация изменчивости признаков воспроизводства в зависимости от родства по Шапоружу
Fig. 2. Visualization of the variability of reproduction traits as a function of kinship according to Chaporouge

Потомство от наиболее близкородственных скрещиваний (II–III по Шапоружу) имело наименьший размах изменчивости. Диапазон изменчивости был сконцентрирован относи-

тельно следующих значений: количество поросят при рождении — 6, живая масса новорождённого поросёнка — 700 г, сохранность за 6–30 дней — 100 %, сохранность за 0–30

дней – 80 %. Примечательно, что в гнёздах, рождённых при подборе II–III, минимальные границы изменчивости количества поросят в гнезде (4) и массы поросёнка (600 г) совпадают с минимальными требованиями к данным признакам, установленными в стаде [19]. Сохранность за 6–30 дней ниже 100 % имела место только в виде выбросов.

При помощи корреляционного анализа методами Спирмена и Кендалла (табл. 3) и визуализации при помощи диаграмм рассеяния (рис. 3) не было обнаружено сопряжённости между коэффициентом инбридинга по Райту и значениями воспроизводительных признаков.

Таблица 3

Оценка сопряжённости коэффициента инбридинга по Райту с признаками воспроизводства с помощью коэффициентов корреляции Спирмена и Кендалла

Assessment of correlation between Wright inbreeding coefficient and reproductive traits using Spearman and Kendall correlation coefficients

Признак	Коэффициент корреляции			
	Спирмена		Кендалла	
	cor	p-value	cor	p-value
Число поросят в гнезде при рождении	-0,018	0,756	-0,282	0,778
Среднегнездовая живая масса новорождённого поросёнка	0,008	0,895	0,005	0,899
Гнездовой минимум живой массы новорождённого поросёнка	0,008	0,889	0,009	0,831
Гнездовой максимум живой массы новорождённого поросёнка	-0,072	0,226	-0,048	0,238
Стандартное отклонение живой массы в гнезде	-0,105	0,077	-0,071	0,075
Сохранность за 0–30 дней	0,072	0,224	0,053	0,214
Сохранность за 6–30 дней	0,014	0,811	0,010	0,818

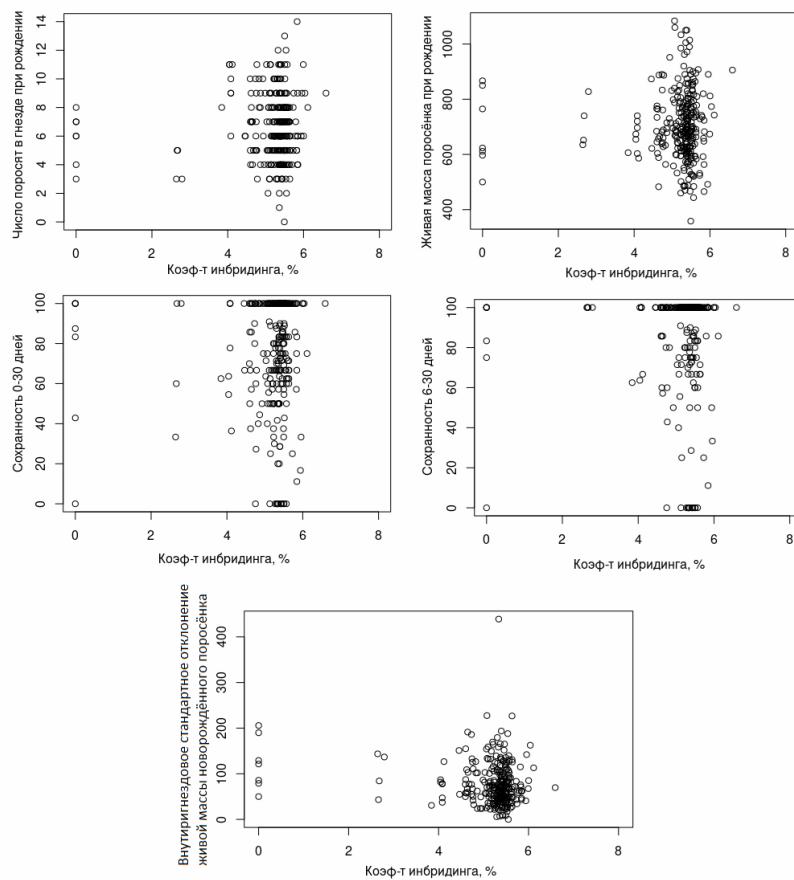


Рис. 3. Визуализация отсутствия эффекта величины коэффициента инбридинга по Райту на изменчивость признаков воспроизводства

Fig. 3. Visualization of the absence of the effect of the Wright inbreeding coefficient on the variability of reproductive traits

Использование линейных регрессионных моделей позволило обнаружить отрицательную зависимость стандартного отклонения живой массы новорождённого поросёнка от величины коэффициента инбридинга по Райту (табл. 4), что указывает на консолидирующуюший эффект. Линейная модель описывает 2,5–2,8 % изменчивости указанного признака, что не имеет достоверного отличия от максимально допустимой величины случайной ошибки. Поэтому нельзя утверждать наверняка, что при увеличении коэффициента инбридинга обязательно снизится стандартное отклонение живой массы новорождённого поросёнка. Уровень значимости (P-value) t - и F - критериев не позволяет утверждать о на-

личии эффекта коэффициента инбридинга на изменчивость числа поросят при рождении, сохранности (от 0 до 30 и от 6 до 30 дней), среднегнездовой, минимальной и максимальной массы новорождённого поросёнка (табл. 4). Значения коэффициентов аппроксимации (Multiple R-squared и Adjusted R-squared) показывают, что при помощи линейной модели нельзя описать даже 1 % изменчивости большинства признаков воспроизводства. Таким образом, использование в анализе линейной регрессионной модели не позволило получить доказательств существенного эффекта величины коэффициента инбридинга по Райту на развитие большинства признаков воспроизводства мини-свиней ИЦиГ СО РАН.

Таблица 4

Оценка коэффициента инбридинга по Райту в качестве предиктора изменчивости признаков воспроизводства при помощи линейной регрессии

Evaluation of Wright inbreeding coefficient as a predictor of reproductive trait variability using linear regression

Признак	β_1	St.Er.	Multiple R-squared	Adjusted R-squared	t	F	P-value
Число поросят в гнезде при рождении	12,055	14,407	0,002	0,001	0,837	0,700	0,404
Среднегнездовая живая масса новорождённого поросёнка	312,000	771,700	0,001	0,003	0,404	0,163	0,686
Гнездовой минимум живой массы новорождённого поросёнка	1586,090	862,350	0,012	0,008	1,839	3,383	0,067
Гнездовой максимум живой массы новорождённого поросёнка	-737,060	919,430	0,002	0,001	0,802	0,643	0,423
Стандартное отклонение живой массы в гнезде	-843,750	293,540	0,028	0,025	2,874	8,262	0,004 **
Сохранность за 0–30 дней	88,152	177,278	0,001	0,003	0,497	0,247	0,619
Сохранность за 6–30 дней	58,207	162,047	<0,001	0,003	0,359	0,129	0,720

**p<0,01.

На примере мини-свиней ИЦиГ СО РАН не было получено весомых доказательств снижения количества поросят при рождении, их живой массы и сохранности в подсосный период из-за увеличения близости родства по Шапоружу или возрастания коэффициента инбридинга по Райту. Очевидно, это является следствием принятой в стаде системе разведения, согласно которой тесный инбридинг допускается только в случаях необходимости консолидации желательных признаков с «закольцеванием» на наиболее ценных особей. Данным обстоятельством вполне можно

объяснить видимость меньшего разнообразия сохранности, многоплодия и живой массы новорождённого поросёнка (см. рис. 2). Параллельно в стаде проводится систематическая выбраковка животных с недостатками экстерьера и нарушением репродуктивных качеств [13, 14]. На основании результатов анализа журналов учёта приплода и родословных выявляются потенциальные носители рецессивных аллелей, как это было в случае с выявлением носителей полидактилии [21].

В стаде имеет место гибель поросят с 1-го по 5-й день жизни (20–30 % от числа ново-

рождённых), что несколько выше видовой нормы (10–20 %) [22]. Данное явление было расценено как очищающий от вредных мутаций процесс в ходе естественного отбора, реализуемого в том числе за счёт гибели поросят массой при рождении менее 600 г [23]. Следствием этого стало очищение поголовья от снижающих жизнеспособность аллелей [24]. Жёсткий отбор по жизнеспособности в разном возрасте создаёт условия, при которых риски распространения инбредной депрессии на популяцию в целом минимальны [25–27], чем объясняется существование малочисленных популяций свиней на небольших островах в течение сотен лет [10, 28]. При анализе литературных данных не удалось обнаружить свидетельств наличия корреляции между степенью инбридинга и какими-либо фенотипическими признаками животных. При этом в ряде исследований на разных видах животных установлено, что главным фактором снижения жизнеспособности при инбридинге является не сама близость родства между родителями, а наличие либо отсутствие у них рецессивных аллелей [5, 29–32]. Ранее были зафиксированы корреляции между признаками воспроизводства и генетическим вкладом отдельных родоначальников [33]. Таким образом, в системе разведения малочисленных селекционных групп, каковыми являются и мини-свиньи ИЦиГ СО РАН, важнее учитывать не коэффициент инбридинга потомства, а вероятность гомозиготности по снижающим жизнеспособность аллелям. Другими словами, важна не столько степень родства, сколько тщательность подбора родительских пар.

Одной из причин отсутствия признаков взаимосвязи между величиной коэффициента инбридинга и признаками воспроизводства рассматривалась ранняя пренатальная гибель носителей снижающих жизнеспособность мутаций [34]. Непосредственного изучения ранней пренатальной смертности в стаде не проводилось, а следовательно, догадка не может быть подтверждена. Многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН, других лабораторных

мини-свиней, примитивных мелких пород и одичавших свиней составляет от 5 до 7 поросят при размахе изменчивости от 3 до 10, а иногда и более потомков [35, 36], что косвенно указывает на уровень пренатальной смертности в пределах видовой нормы.

Наблюдаемый феномен достоверной зависимости внутригнездовых стандартных отклонений от степени родства родителей (см. табл. 4) при отсутствии таковой для внутригнездовых минимумов и максимумов имеет очевидное объяснение. Максимальные и минимальные значения признака (в данном случае – массы особи при рождении) являются биологическими границами, выход за которые несовместим с жизнью потомка (минимум) или матери (максимум) [37]. Их стабильность у мини-свиней ИЦиГ СО РАН зафиксирована естественным и искусственным отбором и не зависит от степени родства родителей.

ВЫВОДЫ

1. В ходе исследования практически не обнаружено весомых аргументов, указывающих на наличие взаимосвязи коэффициента инбридинга по Райту либо родства по Шапоружу с признаками воспроизводства мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Исключением является тот факт, что в гнёздах, рожденных от родителей, имевших общего предка в первых пяти поколениях, рождалось на одного поросёнка больше, чем в гнёздах от родителей с уникальными предками.

2. Результаты собственных исследований в совокупности с литературными данными показывают, что в разведении малочисленных селекционных групп решающим фактором проявления инбредной депрессии у потомства является не величина коэффициента инбридинга, а тщательность подбора родительских пар.

Работа поддержана проектом №: FWNR-2022-0023

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Strategies to control inbreeding in a pig breeding program: a simulation study* / J.S. Lopes, P.R. Nogara, R. Fernanda [et al.] // Ciencia Rural. – 2019. – Vol. 49. – P. 14. – DOI:10.1590/0103-8478CR20180994.
2. *Inbreeding and genetic diversity in three imported Swine breeds in china using pedigree data* / G.Q. Tang, J. Xue, M.J. Lian [et al.] // Asian-Australas J Anim Sci. – 2013. – Vol. 26, N 6. – P. 755–765. – DOI: 10.5713/ajas.2012.12645.

3. Иогансон И., Рендель Я., Граверт О. Генетика и разведение домашних животных. – М.: Колос, 1970. – 351 с.
4. Caballero A., Villanueva B., Druet T. On the estimation of inbreeding depression using different measures of inbreeding from molecular markers // Evol Appl. – 2020. – Vol. 14, N 2. – P. 416–428. – DOI: 10.1111/eva.13126.
5. Removal of alleles by genome editing (RAGE) against deleterious load / M. Johnsson, R.C. Gaynor, J. Jenko [et al.] // Genet. Sel. Evol. – 2019. – Vol. 51, N 1. – P. 14. – DOI: 10.1186/s12711-019-0456-8.
6. The fitness consequences of inbreeding in natural populations and their implications for species conservation – a systematic map / L.E. Neaves, J. Eales, R. Whitlock [et al.] // Environ Evid. – 2015. – Vol. 4. – P. 5. – DOI: 10.1186/s13750-015-0031-x.
7. Кузнецов В.М., Вахонина Н.В. Об ограничении инбридинга в малочисленных популяциях молочного скота // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 4. – С. 55–58.
8. Nei M., Roychoudhury A.K. Probability of Fixation of Nonfunctional Genes at // Duplicate Loci. Amer. Nat. – 1973. – Vol. 107, N 955. – P. 362–372. – DOI 10.1086/282840.
9. Shatokhin K.S. Problems of mini-pig breeding // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2021. – Vol. 25, N 3. – P. 284–291. – DOI 10.18699/VJ21.032.
10. Köhn F. History and Development of Miniature, Micro- and Minipigs // The minipig in biomedical research / eds P. A. Mcanulty, A. D. Dayan, N. C. Ganderup and K.L. Hastings (Boca Raton, FL: CRC Press). – 2011. – P. 3–16. – DOI: 10.1201/b11356-3.
11. Genetic Variability and Management in Nero di Parma Swine Breed to Preserve Local Diversity / E. Mariani, A. Summer, M. Ablondi, A. Sabbioni // Animals (Basel). – 2020. – Vol. 10, N 3. – P. 538. –DOI: 10.3390/ani10030538.
12. Feng S., Zhang X., Wang T. The Progress on Cultivation and Identification of the First Wuzhis-han Inbred Mini-Pig in China // Agri Res & Tech: Open Access J. – 2017. – Vol. 12, N 4. – P. 555858. –DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.12.555858.
13. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S. Miniature pigs of ICG as a model object for morphogenetic research // Russ. J. Genet.: Appl.Res. – 2014. – Vol. 4, N 6. – P. 511–522. – DOI: 10.1134/S207905971406015X.
14. The Aachen Minipig: Phenotype, Genotype, Hematological and Biochemical Characterization, and Comparison to the Göttingen Minipig / K. Pawlowsky, L. Ernst, J. Steitz, [et al.] // Eur. Surg. Res. – 2017. – Vol. 58, N 5–6. – P. 193–203. – DOI: 10.1159/000471483.
15. Genetic characterisation of Mini-LEWE as resource population for experimental research / K. Schachler, J-O. Minx, C. Sürie [et al.] // Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift. – 2020. – P. 133. – DOI: 10.2376/1439-0299-2020-15.
16. Simianer H., Köhn F. Genetic management of the Gottingen Minipig // J Pharmacol Toxicol Methods. – 2010. – Vol. 62. – P. 221–226. – DOI: 10.1016/j.vascn.2010.05.004.
17. Станкова Н.В., Савина М.А., Капанадзе Г.Д. Формирование новых линий светлогорских мини-свиней. Биомедицина. – 2017. – № 3. – С. 95–101.
18. Зоотехнические, физиологические и генетические особенности мини-свиней ИЦиГ СО РАН / К.С. Шатохин [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СФНЦА РАН, 2019. – 192 с.
19. Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН / С.В. Никитин, С.П. Князев, К.С. Шатохин [и др.]. // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, вып. 8. – С. 922–930. – DOI 10.18699/VJ18.434.
20. Изменение структуры стада мини-свиней ИЦиГ СО РАН в условиях систематического инбридинга / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, Н.Н. Кочнев [и др.]. // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2021. – № 3, вып. 36. – С. 45–52.
21. Unusual congenital polydactyly in mini-pigs from the breeding group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia) / S.V. Nikitin, S.P. Knyazev, V.A. Trifonov [et al.] // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2021. – Vol. 25, N 6. – P. 652–660. – DOI 10.18699/VJ21.074

22. Edwards S.A. Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? // *Livestock Production Science*. – 2002. – Vol. 78, N 1. – P. 3–2. – DOI:10.1016/S0301-6226(02)00180-X.
23. Крупноплодность мини-свиней ИЦиГ СО РАН: потенциал нереализуемых возможностей / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, В.И. Запорожец [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 3. – С. 137–147.
24. ‘Genetic load’ and changes in the chronology of early mortality in mini-pigs of ICG SB RAS / S.V. Nikitin, K.S. Shatokhin, V.I. Zaporozhets [et al.] // *Agronomy Research*. – 2020. – Vol. 18, N 3. – P. 2156–2165. – DOI: 10.15159/AR.20.171.
25. Charlesworth D., Willis J.H. The genetics of inbreeding depression // *Nat Rev Genet*. – 2009. – Vol. 10. – P. 783–796. – DOI: 10.1038/nrg2664.
26. Cheptou P.O., Donohue K. Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance // *New Phytol*. – 2011. – Vol. 189, N 2. – P. 395–407. – DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x.
27. Mable B.K. Conservation of adaptive potential and functional diversity: integrating old and new approaches // *Conservation Genetics*. – 2019. – Vol. 20. – P. 89–100. – DOI:10.1007/s10592-018-1129-9.
28. Repeat cross-sectional data on the progression of the metabolic syndrome in Ossabaw miniature swine / M.L. McKenney-Drake, S.D. Rodenbeck, M.K. Owen [et al.] // *Journal Data in Brief*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1393–1395. – DOI:10.1016/j.dib.2016.04.023.
29. Loss of function mutations in essential genes cause embryonic lethality in pigs / M.F.L. Derkx, A.B. Gjuvsland, M. Bosse [et al.] // *PLoS Genet*. – 2019. – Vol. 15, N 3. – P. e1008055. – DOI: 10.1371/journal.pgen.1008055.
30. Lande R, Porcher E. Inbreeding depression maintained by recessive lethal mutations interacting with stabilizing selection on quantitative characters in a partially self-fertilizing population // *Evolution*. – 2017. – Vol. 71 (5). – P. 1191–1204. – DOI: 10.1111/evo.13225.v.
31. Liddle A.R. Information criteria for astrophysical model selection // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*. – 2007. – Vol. 377, N 1. – P. L74–L78. – DOI: 10.1111/j.1745-3933.2007.00306.x.
32. The effects of inbreeding on covering success, gestation length and foal sex ratio in Australian thoroughbred horses / E.T. Todd, N.A. Hamilton, B.D. Velie, P.C. Thomson // *BMC Genet*. – 2020. – Vol. 21, N 1. – P. 41. – DOI: 10.1186/s12863-020-00847-1.
33. Baxter E. 9 Causes and mitigation strategies for mortality in neonatal and weaned piglets // *Journal of Animal Science*. – 2018. – Vol. 96, N 2. – P. 5. – DOI:10.1093/jas/sky073.007.
34. Van der Lende T, van Rens B.T.T.M., Leenhouwers J.I. Biological and genetic aspects of pre- and perinatal mortality in swine. 5º Seminário Internacional de Suinocultura, 27 e 28 de setembro de 2000 — Expo Center Norte. – São Paulo, Brasil, 2000. – P. 125–141.
35. Тихонов В.Н. Лабораторные мини-свиньи: генетика и медико-биологическое использование / Ин-т цитологии и генетики СО РАН. – Новосибирск, 2010. – 304 с.
36. Отсутствие инбредной депрессии в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, Н.Н. Кочнев [и др.] // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2021. – С. 502–507.
37. Князев С.П., Никитин С.В., Ермолаев В.И. Роль биологического ограничения максимальной массы новорожденного поросенка в вариации признака // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосиб. гос. аграр. ун-та. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. – С. 175–179.

REFERENCES

1. Lopes J.S., Nogara P.R., Fernanda R., de Freitas M.S., Prestes A.M., Garcia D.A., de Oliveira M.M., Strategies to control inbreeding in a pig breeding program: a simulation study, *Ciencia Rural*, 2019, Vol. 49, pp. 14, DOI:10.1590/0103-8478CR20180994.

2. Tang G.Q., Xue J., Lian M.J., Yang R.F., Liu T.F., Zeng Z.Y., Jiang A.A., Jiang Y.Z., Zhu L., Bai L., Wang Z., Li X.W., Inbreeding and genetic diversity in three imported Swine breeds in China using pedigree data, *Asian-Australas J Anim Sci.*, 2013, Vol. 26, No. 6, pp. 755–765, DOI: 10.5713/ajas.2012.12645.
3. Loganson I., Rendel' YA., Gravert O., *Genetika i razvedenie domashnih zhivotnyh* (Genetic and breeding of farm animals), Moscow: Kolos, 1970, 351 p.
4. Caballero A., Villanueva B., Druet T., On the estimation of inbreeding depression using different measures of inbreeding from molecular markers, *Evol Appl.*, 2020, Vol. 14, No. 2, pp. 416–428, DOI: 10.1111/eva.13126.
5. Johnsson M., Gaynor R.C., Jenko J., Gorjanc G., de Koning D.J., Hickey J.M., Removal of alleles by genome editing (RAGE) against deleterious load, *Genet. Sel. Evol.*, 2019, Vol. 51, No. 1, pp. 14, DOI 10.1186/s12711-019-0456-8.
6. Neaves L.E., Eales J., Whitlock R. [et al.] The fitness consequences of inbreeding in natural populations and their implications for species conservation – a systematic map, *Environ Evid.*, 2015, Vol. 4, pp. 5, DOI 10.1186/s13750-015-0031-x.
7. Kuznecov V.M., Vahonina N.V., *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2010, No. 4, pp. 55–58 (In Russ.)
8. Nei M., Roychoudhury A.K., Probability of Fixation of Nonfunctional Genes at, *Duplicate Loci. Amer. Nat.*, 1973, Vol. 107, No. 955, pp. 362–372, DOI 10.1086/282840.
9. Shatokhin K.S., Problems of mini-pig breeding, *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, Vol. 25, No. 3, pp. 284–291, DOI 10.18699/VJ21.032.
10. Köhn F., History and Development of Miniature, Micro- and Minipigs, *The minipig in biomedical research*, eds P.A. Mcanulty, A.D. Dayan, N.C. Ganderup and K.L. Hastings (Boca Raton, FL: CRC Press), 2011, pp. 3–16, DOI: 10.1201/b11356-3.
11. Mariani E., Summer A., Ablondi M., Sabbioni A., Genetic Variability and Management in Nero di Parma Swine Breed to Preserve Local Diversity, *Animals (Basel)*, 2020, Vol. 10, No. 3, pp. 538, DOI: 10.3390/ani10030538.
12. Feng S., Zhang X., Wang T., The Progress on Cultivation and Identification of the First Wuzhis-han Inbred Mini-Pig in China, *Agri Res & Tech: Open Access J*, 2017, Vol. 12, No. 4, pp. 555858, DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.12.555858.
13. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Miniature pigs of ICG as a model object for morphogenetic research, *Russ. J. Genet.: Appl. Res.*, 2014, Vol. 4, No. 6, pp. 511–522, DOI: 10.1134/S207905971406015X.
14. Pawlowsky K., Ernst L., Steitz J., Stopinski T., Kögel B., Henger A., Kluge R., Tolba R., The Aachen Minipig: Phenotype, Genotype, Hematological and Biochemical Characterization, and Comparison to the Göttingen Minipig, *Eur. Surg. Res.*, 2017, Vol. 58, No. 5–6, pp. 193–203, DOI: 10.1159/000471483.
15. Schachler K., Minx J-O., Sürie C., Distl O., Metzger J., Genetic characterisation of Mini-LEWE as resource population for experimental research, *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 2020, pp. 133, DOI: 10.2376/1439-0299-2020-15.
16. Simianer H., Köhn F., Genetic management of the Gottingen Minipig, *J. Pharmacol Toxicol Methods*, 2010, Vol. 62, pp. 221–226, DOI: 10.1016/j.vascn.2010.05.004.
17. Stankova N.V., Savina M.A., Kapanadze G.D., *Biomeditsina*, 2017, Vol. 3, pp. 95–101. (In Russ.)
18. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Ermolaev V.I., Zaporozhets V.I., *Zootekhnicheskie, fiziologicheskie i geneticheskie osobennosti mini-svinej ICiG SO RAN*. (Zoot-technical, physiological and genetic features of mini-pigs ICiG SB RAS), Novosibirsk, 2019, 192 p.
19. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Ermolaev V.I., *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii*, 2018, Vol. 22, No. 8, pp. 922–930, DOI 10.18699/VJ18.434. (In Russ.)
20. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhets V.I., Sedovich M.E., Korshunova E.V., Ermolaev V.I., *Agrarnyy vestnik Verhnevolzh'ya*, 2021, Vol. 36, No. 3, pp. 45–52, DOI 10.35523/2307-5872-2021-36-3-45-52. (In Russ.)

21. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Trifonov V.A., Proskuryakova A.A., Shmidt Y.D., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Bashur D.S., Korshunova E.V., Ermolaev V.I., Unusual congenital polydactyly in mini-pigs from the breeding group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia), *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*, 2021, Vol. 25, No. 6, pp. 652–660, DOI 10.18699/VJ21.074.
22. Edwards S.A., Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions? *Livestock Production Science*, 2002, Vol. 78, No. 1, pp. 3–12, DOI.10.1016/S0301-6226(02)00180-X.
23. Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhets V.I., Knyazev S.P., Khodakova A.V., Bashur D.S., Veličko K.D., Ermolaev V.I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3, pp. 137–147, DOI.10.31677/2072-6724-2020-56-3-137-147.
24. Nikitin S.V., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Kochnev N.N., Bashur D.S., Khodakova A.V., Ermolaev V.I., ‘Genetic load’ and changes in the chronology of early mortality in mini-pigs of ICG SB RAS, *Agronomy Research*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 2156–2165, DOI. 10.15159/AR.20.171.
25. Charlesworth D., Willis J.H., The genetics of inbreeding depression, *Nat Rev Genet*, 2009, Vol. 10, No. 2, pp. 783–796, DOI: 10.1038/nrg2664.
26. Cheptou P.O., Donohue K., Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance, *New Phytol.*, 2011, Vol. 189, No. 2, pp. 395–407, DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x.
27. Mable B.K., Conservation of adaptive potential and functional diversity: integrating old and new approaches, *Conservation Genetics*, 2019, Vol. 20, pp. 89–100, DOI:10.1007/s10592-018-1129-9.
28. McKenney-Drake M.L., Rodenbeck S.D., Owen M.K., Schultz K.A., Alloosh M., Tune J.D., Sturek M., Repeat cross-sectional data on the progression of the metabolic syndrome in Ossabaw miniature swine, *Journal Data in Brief*, 2016, Vol. 7, pp. 1393–1395. DOI:10.1016/j.dib.2016.04.023.
29. Derks M.F.L., Gjuvsland A.B., Bosse M., Lopes M.S., van Son M., Harlizius B., Tan B.F., Hamland H., Grindflek E., Groenen M.A.M., Megens H.J., Loss of function mutations in essential genes cause embryonic lethality in pigs, *PLoS Genet*, 2019, Vol. 15, No. 3, pp. e1008055, DOI: 10.1371/journal.pgen.1008055.
30. Lande R., Porcher E., Inbreeding depression maintained by recessive lethal mutations interacting with stabilizing selection on quantitative characters in a partially self-fertilizing population. *Evolution*, 2017, Vol. 71 (5), pp. 1191–1204, DOI: 10.1111/evo.13225.v.
31. Liddle A.R., Information criteria for astrophysical model selection, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 2007, Vol. 377, No. 1, pp. L74–L78, DOI: 10.1111/j. 1745-3933.2007.00306.x.
32. Todd E.T., Hamilton N.A., Velie B.D., Thomson P.C., The effects of inbreeding on covering success, gestation length and foal sex ratio in Australian thoroughbred horses, *BMC Genet.*, 2020, Vol. 21, No. 1, pp. 41, DOI: 10.1186/s12863-020-00847-1.
33. Baxter E., 9 Causes and mitigation strategies for mortality in neonatal and weaned piglets, *Journal of Animal Science*, 2018, Vol. 96, No. 2, pp. 5, DOI:10.1093/jas/sky073.007.
34. Van der Lende T., van Rens B.T.T.M., Leenhouwers J.I., Biological and genetic aspects of pre- and perinatal mortality in swine. 5º Seminário Internacional de Suinocultura, 27 e 28 de setembro de 2000 — Expo Center Norte, São Paulo, Brasil, 2000, pp. 125–141.
35. Tikhonov V.N., *Laboratornye mini-svin'i: genetika i mediko-biologicheskoe ispol'zovanie* (Laboratory mini-pig genetics and biomedical use), Novosibirsk, ICG SB RAS Publ., 2010, 304 p.
36. Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhets V.I., Sedovich M.I., Korshunova E.V., *Aktual'nyye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference, Novosibirsk, 2021, pp. 502–507. (In Russ.)
37. Knyazev S.P., Nikitin S.V., Ermolaev V.I., *Aktual'nyye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference, Novosibirsk: IC NGAU “Zolotoj kolos”, 2016, pp. 175–179. (In Russ.)

