

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 1(58)/2021

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

№ 1(58)/2021

NOVOSIBIRSK 2021

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 1(58)2021

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

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, проректор по научной и международной деятельности ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (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)

Буджапов 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)

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

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

Добровотворская 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, директор 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 Будеице, Чехия)

Кочетов А.В. – д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

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

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

Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., зав. кафедрой 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)

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

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

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, директор СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

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

Технический редактор *Мищенко О.Н.*

Редактор *Коробкова Т.К.*

Компьютерная верстка *Зенина В.Н.*

Переводчик *Чернышева Д.В.*

Дата выхода в свет 25 марта 2021 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 17,6 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2363.

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 NSAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 1(58)2021

**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**

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

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

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

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

Kochnev H.H. – 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 Editor-in-Chief, Vice-Rector for Scientific and International Activities at Novosibirsk State Agrarian University (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 Botany 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. of Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)

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

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

Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at 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, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (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., Corresponding Member 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 – Vice-Head at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (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)

Nozdin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, the Head of 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.*

Desktop publishing: *Zenina V. N.*

Translator: *Chernyshova D.*

Date of publication 25 March 2021. Free price.

Size is 60 × 84¹/₈. Volume contains 17,6 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2363.

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

Ашмарина Л.Ф., Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н., Ермохина А.И. Влияние факторов биологизации и химизации на фитосанитарное состояние ячменя в лесостепи Западной Сибири.	7
Вышегуров С.Х., Беланова А.П., Пономаренко Н.В., Пальчикова Е.В., Иванова Н.В., Еремена А.А., Сергеева А.С. Эколого-биологические аспекты оценки древесных растений в озеленении Новосибирска.....	17
Галеев Р.Р., Ковалев Е.А., Шульга М.С. Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения микроэлементов в северной лесостепи Новосибирского Приобья.	27
Колупаев Д.А., Якубенко О.Е., Паркина О.В. Влияние гидротермических условий на продолжительность прохождения фенофаз фасоли обыкновенной при разных сроках посева в условиях лесостепи Приобья.....	36
Кузьмина Т.В., Торопова Е.Ю. Биологическое разнообразие насекомых на древесных растениях семейства Rosaceae в северной лесостепи Приобья.	45
Масленникова В.С., Цветкова В.П., Петров А.Ф., Пастухова А.В. Влияние бактерий рода <i>Bacillus</i> на рост и продуктивность томата сорта Спок.	56
Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области.	64

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Бондаренко Г.А., Трухина Т.И., Соловьева И.А. Особенности эпизоотологического процесса по основным гельминтозам у крупного рогатого скота в Амурской области.	75
Будевич А.И., Петрушко Е.В., Богданович Д.М., Кузнецова В.Н., Кирикович Ю.К. Влияние сезона года и лактации на состав молока коз–продуцентов биоаналога лактоферрина человека.	81
Желтиков А.И., Коновалова Т.В., Себежко О.И., Ильин В.В., Пальчиков П.Н., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Стрижкова М.В., Зайко О.А., Маренков В.Г., Нарожных К.Н. Качество спермы быков красных пород ОАО племпредприятие «Барнаульское» и устойчивость её к криоконсервации....	92
Кванская Т.А., Алексеева З.Н., Трапезов О.В. Линька американской норки в зависимости от генотипа и характера поведения.	101
Рявкина К.С., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Аккумуляция марганца у самок и самцов в мышечной ткани и чешуе судака обыкновенного (<i>Sander lucioperca</i>) Новосибирского водохранилища.....	108
Степанова М.А., Алексеева З.Н., Трапезов О.В. Поедаемость корма норками разного поведенческого типа.....	117
Стрижкова М.В., Себежко О.И., Коновалова Т.В., Нарожных К.Н., Андреева В.А., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей.....	125
Чуприна Е.Г., Юрин Д.А., Власов А.Б., Юрина Н.А. Эффективность кормовой добавки с высокой степенью защищенности протеина в кормлении новотельных коров.	134

AGRONOMY

Ashmarina L.F., Galeev R.F., Shashkova O.N., Ermokhina A.I. Influence of biologization and chemicalization factors on the phytosanitary state of barley in the forest-steppe of Western Siberia.....	7
Vyshegurov S.Kh., Belanova A.P., Ponomarenko N.V., Palchikova E.V., Ivanova N.V., Eremena A.A., Sergeeva A.S. Ecological and biological aspects of assessing woody plants in the landscaping of Novosibirsk.	17
Galeev R.R., Kovalev E.A., Shulga M.S. Yield and quality of potatoes depending on the application of microelements in the northern forest-steppe Ob in Novosibirsk.....	27
Kolupaev D.A., Iakubenko O.E., Parkina O.V. Influence of hydrothermal conditions on the duration of the phenophase of common beans at different sowing dates in the forest-steppe conditions of the Ob region...	36
Kuzmina T.V., Toropova E.Iu. Biological diversity of insects on woody plants of the Rosacea family in the northern forest-steppe of the Ob region.	45
Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Petrov A.F., Pastukhova A.V. Influence of the bacillus genus bacteria on the growth and productivity of tomatoes of spok variety.....	56
Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M. Implementation of the productivity potential of forage crops in the west of the Briansk region.	64

VETERINARY SCIENCE AND LIVESTOCK FARMING

Bondarenko G.A., Trukhina T.I., Solovieva I.A. Features of the epizootiological process for the main helminthiasis in cattle in the Amur region.	75
Budevich A.I., Petrushko E.V., Bogdanovich D.M., Kuznetsova V.N., Kirikovich Iu.K. Influence of the season and lactation on the milk composition of goats-producers of biosimilar human lactoferrin.....	81
Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Ilyin V.V. Palchikov P.N., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Strizhkova M.V., Zayko O.A., Marenkov V.G., Narozhnykh K.N. The quality of the sperm of red breeds bulls of OAO Barnaulskoe breeding enterprise and its resistance to cryopreservation.	92
Kvanskaia T.A., Alekseeva Z.N., Trapezov O.V. Molt of the American mink, depending on the genotype and nature of the behavior.....	101
Riavkina K.S., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. Manganese accumulation in females and males in muscle tissue and scales of Sander lucioperca of the Novosibirsk Reservoir.	108
Stepanova M.A., Alekseeva Z.N., Trapezov O.V. Feed consumption by minks of different behavioral types.	117
Strizhkova M.V., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. Influence of the genotype of Holstein breed bulls-producers on the sodium content in the blood serum of sons.	125
Chupurina E.G., Iurin D.A., Vlasov A.B., Iurina N.A. Effectiveness of a feed additive with a high degree of protein protection in feeding fresh cows.	134

АГРОНОМИЯ

УДК 631.582.633.213.631.524. (571.1)

DOI:10.31677/2072-6724-2021-58-1-7-16

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ БИОЛОГИЗАЦИИ И ХИМИЗАЦИИ НА
ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЯЧМЕНЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л.Ф. Ашмарина, доктор сельскохозяйственных наук
Р.Ф. Галеев, кандидат сельскохозяйственных наук
О.Н. Шашкова, кандидат сельскохозяйственных наук
А.И. Ермохина, научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр
агробиотехнологий Российской академии наук
E-mail: alf8@yandex.ru

Ключевые слова: яровой
ячмень, кормовой севооборот,
бобовый компонент, мине-
ральные удобрения, развитие
болезни, корневая гниль,
листочковые инфекции

Реферат. Исследования проводились с целью изучения влияния факторов биологизации и химизации на фитосанитарное состояние ячменя в звене шестипольного кормового севооборота второй ротации в лесостепи Западной Сибири. Фактор биологизации рассматривали как подсев к ячменю гороха, а фактор химизации – как внесение минеральных удобрений по результатам агрохимического анализа в дозе $N_{60}P_{20}$. Установлено, что наиболее высокое развитие корневой гнили отмечено в варианте с посевом ячменя без удобрений, где индекс развития болезни достигал в среднем по растению 14,4 %, наименьшее – в варианте «ячмень + горох + удобрения» (4,6 %). В вариантах «ячмень + горох» и «ячмень + удобрение» интенсивность заболевания была примерно одинаковой и в пределах порога вредоносности – от 6,6 до 6,9 %. Аналогичные данные получены и по показателю распространенности заболевания. Среди анализируемых органов наибольшее поражение имели первичные корни, что было обусловлено значительным инфицированием *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Поражение листовых инфекциями было почти в 2 раза ниже в варианте с использованием бобового компонента и внесением удобрений (16,8 %) против контрольного варианта (31,8 %). Установлено, что коэффициент корреляции индекса развития корневой гнили в среднем по растению с продуктивной кустистостью составил $r = -0,63$, а с высотой растений $r = -0,99$. Подтверждением вредоносности корневой гнили служит тесная отрицательная корреляционная связь между урожайностью и показателями развития болезни в среднем по растению: $r = -0,74$. Выяснено, что наиболее благоприятная фитосанитарная ситуация складывалась в варианте посева ячменя с применением удобрений и бобового компонента, что связано с оздоравливающим действием удобрений и бобовой культуры, которое проявляется, с одной стороны, в повышении выносливости самого растения, а с другой – в ингибирующем действии на возбудителей болезни.

**IMPLEMENTATION OF THE PRODUCTIVITY POTENTIAL
OF FORAGE CROPS IN THE WEST OF THE BRYANSK REGION**

L. F. Ashmarina, Doctor of Agricultural Sciences**R. F. Galeev**, Candidate of Agricultural Sciences**O. N. Shashkova**, Candidate of Agricultural Sciences**A. I. Ermokhina**, Researcher**Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences**

Key words: spring barley, fodder crop rotation, legume component, mineral fertilizers, disease development, root rot, leaf-stem infections.

Abstract. The research was carried out to study the influence of biologization and chemicalization factors on the phytosanitary state of barley in the chain of the six-field fodder crop rotation of the second rotation in the forest-steppe of Western Siberia. The biologization factor was considered sowing peas to barley. The chemicalization factor was considered as the introduction of mineral fertilizers according to the results of agrochemical analysis at a dose of $N_{60}P_{20}$. It was found that the highest development of root rot was found in the variant with sowing barley without fertilizers, where the disease development index reached an average of 14.4% for the plant. The lowest one is in the variant "barley + peas + fertilizers" (4.6%). In the variants "barley + peas" and "barley + fertilizer", the intensity of the disease was approximately the same and within the limits of the severity threshold – from 6.6 to 6.9%. Similar data were obtained for the prevalence of the disease. Among the analyzed organs, the primary roots had the greatest damage, which was due to significant infection with *Bipolaris sorokiniana* Sacc. Damage by leaf-stem infections was almost 2 times lower in the variant with the use of the legume component and the application of fertilizers (16.8%) versus the control variant (31.8%). It was found that the correlation coefficient of the root rot development index on average for a plant with productive tillering was $r = -0.63$, and with plant height $r = -0.99$. Confirmation of the harmfulness of root rot is a close negative correlation between the yield and the indicators of the development of the disease on average for the plant: $r = -0.74$. It was found that the most favorable phytosanitary situation developed in the variant of sowing barley with the use of fertilizers and a legume component, which is associated with the healing effect of fertilizers and legumes, which is reflected, on the one hand, in increasing the endurance of the plant itself, and on the other, in an inhibitory effect on causative agents of the disease.

Ячмень является ценной кормовой культурой, однако получение стабильных его урожаев в Западной Сибири лимитируется рядом факторов [1]. Одним из них является значительное поражение комплексом болезней, среди которых наиболее вредоносными являются корневые гнили, вызываемые возбудителем *Bipolaris sorokiniana* Sacc. и видами рода *Fusarium* L. [2]. Наряду с этим в посевах в течение вегетационного периода встречаются листостеблевые инфекции: бурая, полосатая и сетчатая пятнистости. В последние годы отмечается ухудшение фитосанитарной ситуации в посевах [3, 4].

Поражение растений комплексом заболеваний приводит к снижению продуктивности ячменя, что вызывает необходимость использовать приемы, препятствующие потере урожая [5]. Одним из таких приемов является применение минеральных удобрений, которые способствуют повышению устойчивости растений и снижают их пораженность болезнями [6, 7].

В настоящее время в различных природно-климатических зонах применяют биологизованные системы, где используют подсев бобовых растений в кормовых севооборотах как один из факторов биологизации [8]. Все это способствует улучшению качества корма,

повышает активность микробиологических почвенных процессов и приводит к изменению состава почвенной микофлоры [9, 10]. В связи с этим представляет определенную актуальность вопрос о влиянии данных факторов на фитосанитарную ситуацию в посевах ярового ячменя.

Цель исследований – оценить влияние подсева бобовой культуры и применения минеральных удобрений в звене кормового севооборота на фитосанитарное состояние ярового ячменя на выщелоченном черноземе в лесостепи Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в стационарном полевом эксперименте на опытном поле СибНИИ кормов СФНЦА РАН в северной лесостепи Приобья. Болезни ярового ячменя сорта Ача изучали в кормовом севообороте в звеньях «ячмень без удобрения», «ячмень с удобрением», «ячмень + горох + удобрения», «ячмень + горох». Фактор химизации – внесение минеральных удобрений по результатам агрохимического анализа в дозе $N_{60}P_{20}$, фактор биологизации – подсев гороха сорта Новосибирец.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Технология возделывания ячменя – общепринятая для лесостепной зоны. В течение вегетации изучали влияние минеральных удобрений и подсева бобового компонента на пораженность растений ячменя.

Перед посевом семена закладывали для проведения фитоэкспертизы на агар Чапека в стерильные чашки Петри [11]. В фазу полного кущения отбирали растения, отмывали и анализировали на корневую гниль [12]. Для определения видового состава возбудителей и уровня зараженности различных органов растений ячменя (первичные и вторичные корни, эпикотиль, основание стебля) их закладывали на стерильный агар в чашки Петри и просматривали под микроскопом на 14-е сутки [13]. В фазу молочной – начала молоч-

но-восковой спелости проводили учет листовых инфекций по общепринятым методам [14]. Для изучения численности возбудителей в почве перед посевом в изучаемых вариантах проводили посев методом серийных разведений [13] и методом флотации [15]. Идентификацию микромицетов проводили, используя различные определители [16, 17].

Годы исследований различались по метеорологическим характеристикам и охватывали весь спектр климатических условий, характерных для лесостепной зоны Западной Сибири: 2017 и 2018 гг. были увлажненными (ГТК 1,6 и 1,3 соответственно), а 2019 г. – менее увлажненным (ГТК 0,9).

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Болезни ячменя исследовали в звеньях кормового севооборота с целью изучения влияния удобрений и бобового компонента на развитие заболеваний. Поскольку источником передачи инфекции для возбудителей корневой гнили являются семена и почва [2], то для выяснения уровня инфицирования семян была проведена фитоэкспертиза посевного материала. Установлено, что зараженность семян ячменя основным возбудителем корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Sacc. значительно превышала порог вредности (ЭПВ – 5%) и составляла 62%. Инфицирование сопутствующими видами рода *Alternaria* также было высоким (42%), а видами рода *Fusarium* – 8%. Кроме этого, в семенном материале присутствовали грибы рода *Penicillium* (4%), *Aspergillum* (4%) и др. Все это свидетельствовало о неблагоприятном фитосанитарном состоянии семян.

Наряду с семенной инфекцией передача возбудителей происходит через почву. Как установлено ранее, почвы стационара имеют высокую степень заселенности грибами родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* и др. [2]. Наиболее высокий ин-

фекционный потенциал почвы представлен видами рода *Fusarium*, численность которых колебалась в 1 г воздушно-сухой почвы от 18,3 до $28,3 \cdot 10^3$ шт. Численность темноцветных гифомицетов была ниже, количество спор основного возбудителя корневой гнили гриба *Bipolaris sorokiniana* колебалось по вариантам от $23,6 \pm 3,4$ до $29,8 \pm 4,9$ и было в пределах

порога вредоносности. Достоверных различий между вариантами в почве перед посевом по заселенности патогенами не выявлено.

Проведенный анализ растений на корневую гниль в фазу полных всходов показал, что интенсивность болезни по изучаемым вариантам различалась (рис. 1). Несмотря на неблагоприятное фитосанитарное состояние

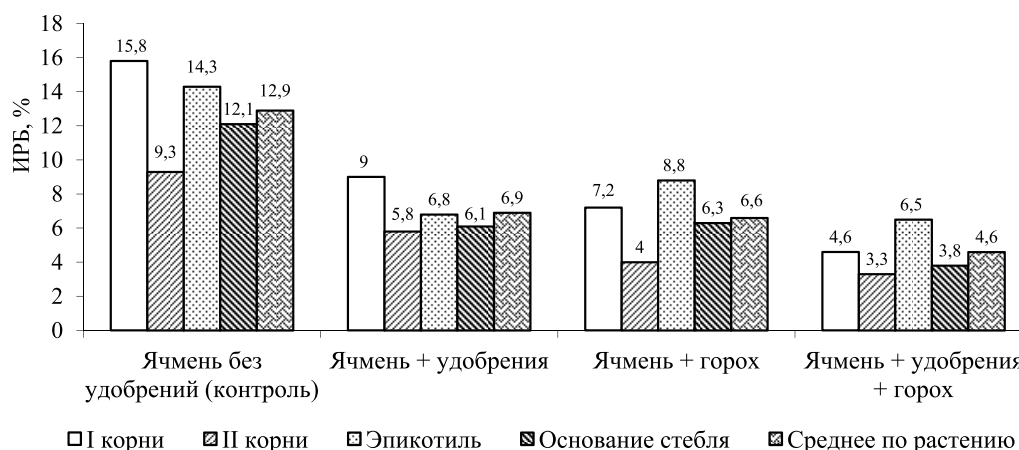


Рис. 1. Развитие корневой гнили на яровом ячмене в различных звеньях кормового севооборота, 2017–2019 гг. (НСР₀₅ по первичным корням (I) – 4,2; по вторичным корням (II) – 1,2; по эпикотилу – 3,3; по основанию стебля – 3,0)

Development of root rot on spring barley in various links of the forage crop rotation, 2017–2019. (НСР₀₅ for primary roots – 4.2; for secondary roots – 1.2; for epicotyl – 3.3; at the base of the stem – 3.0)

семян и почвы уровень развития корневой гнили в посевах ячменя за годы исследований был умеренный.

Наиболее высокое развитие корневой гнили отмечено в варианте с посевом ячменя без удобрений, где индекс развития болезни достигал в среднем по растению 14,4%. Наименьшее проявление заболевания отмечено в варианте «ячмень + горох + удобрения»: развитие корневой гнили не достигало пороговой величины и составляло в среднем по растению 4,6%. Наиболее благоприятная фитосанитарная ситуация в посевах этого варианта связана с оздоравливающим действием удобрений и бобовой культуры, которое проявляется, с одной стороны, в повышении выносливости самого растения, а с другой – в ингибирующем действии на возбудителей болезни. В вариантах «ячмень + горох» и «ячмень + удобрения» интенсивность заболева-

ния была примерно одинаковой и в пределах порога вредоносности – от 6,6 до 6,9%.

Аналогичные данные получены и по показателю распространенности заболевания (рис. 2). Так, число больных растений в агроценозе ячменя в контрольном варианте колебалось от 23,7 до 61,1%, а в варианте с факторами биологизации – от 8,2 до 27,6%. Наименьшие показатели распространения болезни получены в варианте с применением минеральных удобрений и подсевом гороха: от 3,3 до 6,5 и 4,6% в среднем по растению.

При изучении эпифитотического процесса важно знать органотропную специализацию возбудителей заболевания. Учет корневой гнили на различных органах показал, что наиболее значительно были поражены первичные корни (рис. 3, 4).

Установлено, что самой напряженной фитосанитарная ситуация была в контрольном варианте, где уровень развития болезни на

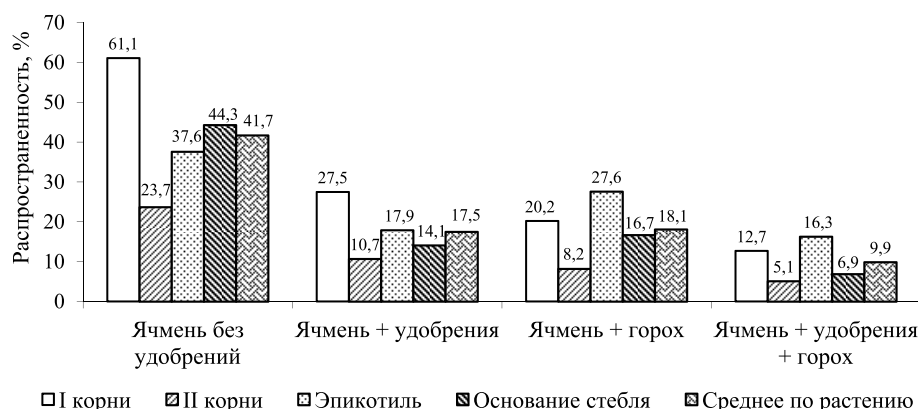


Рис. 2. Распространенность корневой гнили на яровом ячмене в различных звеньях кормового севооборота, 2017–2019 гг. (HCP₀₅ по первичным корням – 18,7; по вторичным корням – 4,3; по эпикотилу – 14,4; по основанию стебля – 12,4)

The prevalence of root rot on spring barley in various links of the forage crop rotation, 2017–2019. (HCP₀₅ for primary (I) roots – 18.7; for secondary (II) roots – 4.3; for epicotyl – 14.4; at the base of the stem – 12.4)

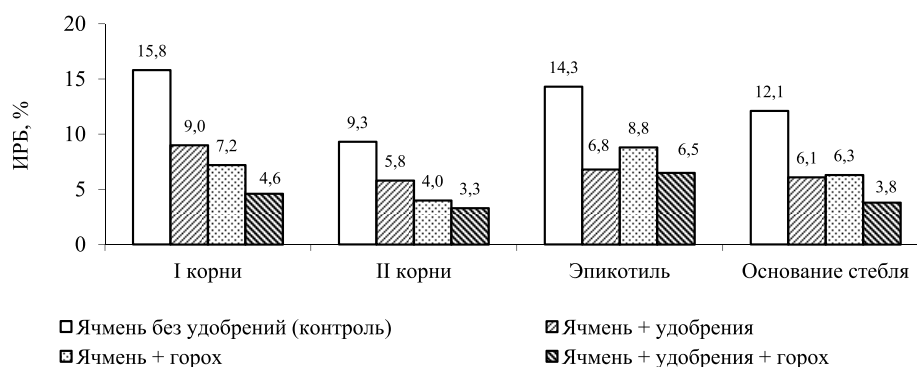


Рис. 3. Развитие корневой гнили на разных органах ярового ячменя в различных звеньях кормового севооборота, 2017–2019 гг. (HCP₀₅ по первичным корням – 4,2; по вторичным корням – 1,2; по эпикотилу – 3,3; по основанию стебля – 3,0)

Development of root rot on different organs of spring barley in different links of the forage crop rotation, 2017–2019. (HCP₀₅ for primary roots – 4.2; for secondary roots – 1.2; for epicotyl – 3.3; at the base of the stem – 3.0)

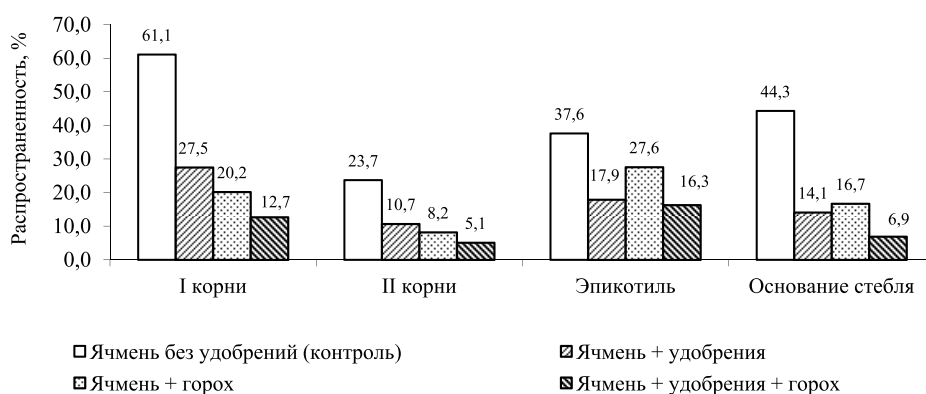


Рис. 4. Распространенность корневой гнили на разных органах ярового ячменя в различных звеньях кормового севооборота, 2017–2019 гг. (HCP₀₅ по первичным корням – 18,7; по вторичным корням – 4,3; по эпикотилу – 14,4; по основанию стебля – 12,4)

The prevalence of root rot on different organs of spring barley in different links of the forage crop rotation, 2017–2019. (HCP₀₅ for primary roots – 18.7; for secondary roots – 4.3; for epicotyl – 14.4; at the base of the stem – 12.4)

этих органах превышал порог вредоносности во все годы исследований и колебался от 16,7 до 17,8%, а распространенность достигала 63,8%.

Высокое поражение первичных корней обусловлено значительным поражением семян, которые были в высокой степени инфицированы возбудителем корневой гнили *B. sorokiniana*, заражение которым превышало порог вредоносности более чем в 6 раз. Поэтому данные органы на первых этапах развития растений первыми воспринимали на себя семенную инфекцию.

Вторичные корни и эпикотиль были поражены в среднем за годы исследований от 3,3 до 9,3%. Наименьшее развитие корневой гнили отмечено на основании стебля: индекс развития в среднем 6,8%, распространенность – 18,3%. Наиболее здоровыми органы растений ячменя были в варианте «ячмень + горох + удобрения», где развитие болезни не превышало ЭПВ, что свидетельствует о значительной устойчивости растений ячменя к корневой гнили в этом варианте.

Распространенность болезни на разных органах в вариантах «ячмень + удобрения» и «ячмень + горох» была также ниже ЭПВ и примерно одинаковой.

Таким образом, анализ эпифитотического процесса на растениях ячменя показал, что наибольшая пораженность отмечена на первичных корнях растений, что связано с проявлением семенной и почвенной инфекций.

Для изучения качественного состава возбудителей болезни был проведен микологический анализ всех изучаемых органов (табл. 1).

Наиболее высокая зараженность отмечена в отношении гриба *B. sorokiniana* – от 8 до 52%, что значительно превышает порог вредоносности. Виды рода *Alternaria* и *Fusarium* выделялись в меньшей степени – до 6 и 22% соответственно, и зараженность ими во всех вариантах была примерно одинаковой. Следует отметить, что в варианте «ячмень + удобрения + горох» первичные корни были заражены в меньшей степени, что отразилось

Таблица 1

Результаты микологического анализа различных органов ярового ячменя (среднее за 2017–2019 гг.)

Results of mycological analysis of various organs of spring barley (average for 2017–2019)

Органы растения	Зараженность, %				
	<i>B. sorokiniana</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Cladosporium</i>
<i>Ячмень без удобрений</i>					
Первичные корни	42	2	6	0	6
Вторичные корни	20	4	22	2	0
Эпикотиль	52	4	4	4	4
Основание стебля	18	0	2	0	2
<i>Ячмень + горох</i>					
Первичные корни	44	2	6	0	0
Вторичные корни	8	2	6	2	0
Эпикотиль	46	0	2	0	0
Основание стебля	14	6	8	0	2
<i>Ячмень + удобрения</i>					
Первичные корни	20	2	4	10	0
Вторичные корни	36	0	16	4	2
Эпикотиль	26	2	2	10	0
Основание стебля	18	20	10	2	0
<i>Ячмень + удобрения + горох</i>					
Первичные корни	16	0	0	4	0
Вторичные корни	22	0	14	0	0
Эпикотиль	40	0	14	0	0
Основание стебля	18	28	8	0	0

на уровне проявления на них корневой гнили. Наиболее высокая поражаемость отмечена на органе-рецепторе эпикотиле – от 26,0 до 52,0%, на котором в первую очередь локализуется основной возбудитель болезни. Таким образом, микологический анализ подтвердил

участие возбудителей болезни в этиологии корневой гнили на растениях ячменя.

Для оценки фитосанитарной ситуации в посевах ячменя в течение вегетации отслеживали развитие листостеблевых инфекций (табл. 2).

Таблица 2

Влияние факторов биологизации и химизации на развитие листостеблевых инфекций ячменя и урожайность (среднее за 2017–2019 гг.)
Influence of biologization and chemicalization factors on the development of leaf-stem infections in barley and yield (average for 2017–2019)

Вариант	Пораженность, %		Урожайность, т/га	
	средняя	± к контролю	средняя	± к контролю
Ячмень без удобрений (контроль)	31,8		1,51	
Ячмень + удобрения	23,6	–8,2	2,13	+0,62
Ячмень + горох	17,2	–14,6	3,60	+2,09
Ячмень + удобрения + горох	16,8	–15,0	3,68	+2,17
НСР ₀₅	7,2		0,51	

Отмечено умеренное проявление бурой и полосатой пятнистостей. Наиболее высокий их уровень наблюдался в варианте без применения удобрений – 31,8%, что превышает порог вредоносности (15%), наименьший – в варианте “ячмень + горох + удобрения” – 16,8%. В остальных вариантах развитие пятнистостей было умеренным и составляло соответственно 17,2 и 23,6%.

Для выяснения влияния корневой гнили на рост и развитие растений ячменя были изучены биометрические и весовые показатели (рис. 5).

Установлено, что достоверно самые высокие растения отмечены в варианте “ячмень + удобрения + горох”, наиболее низкие – “ячмень без удобрений”, причем выявлены достоверные различия между последним и остальными вариантами.

Кустистость растений ячменя также различалась по вариантам. Наличие бобового компонента в посевах немного уменьшило число продуктивных стеблей, поэтому их достоверно наибольшее количество отмечено в варианте с применением удобрений – 2,4. Подтверждением

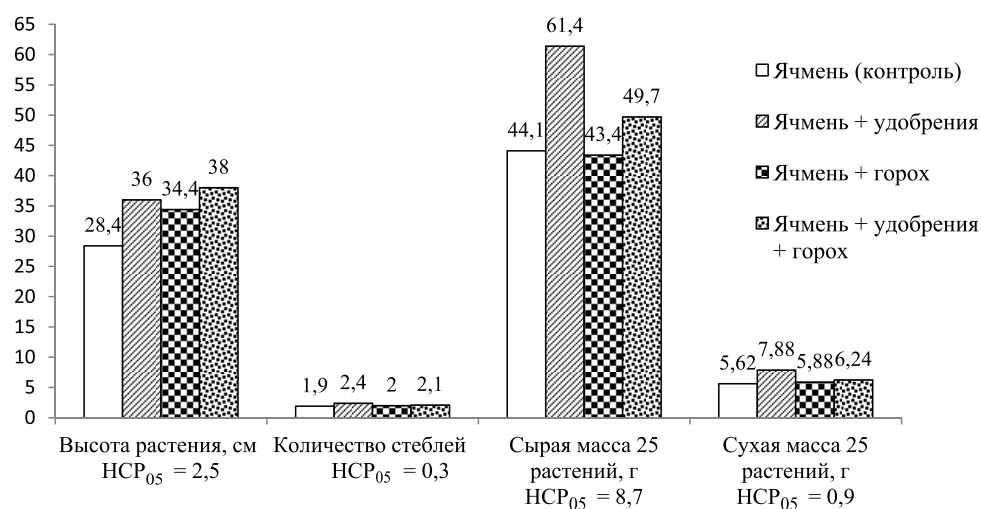


Рис. 5. Влияние удобрений на биометрические и весовые характеристики растений ячменя
 Influence of fertilizers on biometric and weight characteristics of barley plants

этого служат показатели сухой и сырой массы растений, которые в этом варианте достоверно выше, чем в других вариантах. Наиболее высокие показатели (в среднем 7,88 и 61,4 г соответственно) отмечены в варианте «ячмень + удобрения» по сравнению с другими вариантами, где наблюдалось угнетение травостоя ячменя бобовым компонентом.

Для выяснения влияния вредоносности болезней на биометрические показатели и показатели продуктивности были рассчитаны коэффициенты корреляции индекса развития корневой гнили в среднем по растению с продуктивной кустистостью ($r = -0,63 \pm 0,24$), и с высотой растений ($r = -0,99 \pm 0,27$). Подтверждением вредоносности корневой гнили служит тесная отрицательная корреляционная связь между урожайностью и показателями развития болезни в среднем по растению: $r = -0,74 \pm 0,23$. Выяснено, что пятнистости также оказывают значительное отрицательное влияние на урожайность, о чем свидетельствует отрицательная корреляционная связь между урожайностью и показателями развития болезни: $r = -0,97 \pm 0,18$.

ВЫВОДЫ

1. Внесение удобрений и использование элемента биологизации (подсев гороха) улучшают фитосанитарное состояние посевов ярового ячменя в отношении корневой гнили, достоверно снижая развитие и распространённость болезни ниже порога вредоносности. Наибольшая эффективность отмечена в варианте совместного применения удобрений и бобового компонента.

2. Использование приемов биологизации достоверно снижает развитие листостеблевых инфекций (бурая и полосатая пятнистости) за счет повышения устойчивости растений и улучшения их физиологического состояния, что способствует увеличению продуктивности растений.

3. Удобрения и подсев бобовой культуры положительно влияют на биометрические показатели растений ячменя. Подтверждением вредоносности корневой гнили служит тесная отрицательная корреляционная связь между урожайностью и показателями развития болезни в среднем по растению: $r = -0,74 \pm 0,23$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Агротехнологии* производства кормов в Сибири: практическое пособие / под ред. Н. И. Кашеварова. – Новосибирск, 2013. – 248 с.
2. *Ашмарина Л. Ф., Коняева Н. М., Агаркова З. В.* Вредные организмы кормовых культур и меры борьбы с ними в Западной Сибири: науч.-метод. пособие. – Новосибирск, 2017. – 43 с.
3. *Андреева И. В., Ашмарина Л. Ф., Шаталова Е. И.* Особенности изменения фитосанитарного состояния кормовых культур в условиях Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – № 10. – С. 26–30.
4. *Фитосанитарная* ситуация в агроценозах кормовых культур в лесостепи Западной Сибири / Л. Ф. Ашмарина, З. В. Агаркова, Н. М. Коняева, И. М. Горобей, Н. В. Давыдова, Е. В. Казанцева // *Земледелие*. – 2015. – № 2. – С. 41–44.
5. *Защита* посевов зерновых культур от болезней: результаты исследований / сост. В. П. Буренок, Т. П. Кукшенова. – Кемерово, 2009. – 39 с.
6. *Лошаков В. Г.* Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – № 1. – С. 9–13.
7. *Галеев Р. Ф., Шашкова О. Н.* Оценка действия приемов биологизации и химизации на продуктивность кормового севооборота в лесостепи Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – № 10. – С. 22–25. – DOI:10.24411/0235–2451–2019–11005.
8. *Шпаков А. С.* Кормовые культуры в системах земледелия и севооборотах. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 400 с.

9. Особенности формирования микробного сообщества дерново-подзолистой почвы в процессе вегетации ячменя (*Hordeum vulgare* L.) / И.П. Пинчук, Л.М. Полянская, Н.П. Кириллова, А.Л. Степанов // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1498–1505.
10. Substrate quality affects microbial– and enzyme activities in rooted soil / S. Loeppmann, M. Semenov, E. Blagodatskaya, Y. Kuzyakov // J. Plant Nutr. Soil. Sci. – 2016. – N 179. – P. 39–47.
11. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – Л.: Колос, 1970. – 206 с.
12. Чулкина В.А. Корневые гнили хлебных злаков в Сибири. – Новосибирск: Наука, 1985. – 189 с.
13. Методы экспериментальной микологии / под ред. В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1973. – 239 с.
14. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.
15. Билай В.И. Фузариоз. – Киев: Наукова думка, 1977. – 444 с.
16. Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений. Определитель: в 3 т. Т. 2: Грибы несовершенные. – Киев: Наукова думка, 1977. – 300 с.
17. Определитель болезней растений: справочник / М.К. Хохряков, Т.Л. Доброзракова, К.М. Степанов [и др.]. – 3-е изд., испр. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. – С. 132–139.

REFERENCES

1. *Agrotekhnologii proizvodstva kormov v Sibiri: prakticheskoe posobie* (Agrotechnology of feed production in Siberia: a practical guide), Novosibirsk, 2013, 248 p.
2. Ashmarina L.F., Konyaeva N.M., Agarkova Z.V., *Vrednye organizmy kormovykh kul'tur i меры bor'by s nimi v Zapadnoi Sibiri* (Harmful organisms of forage crops and measures to combat them in Western Siberia), Scientific and methodological guide, Novosibirsk, 2017, 43 p.
3. Andreeva I. V., Ashmarina L. F., Shatalova E. I., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, No. 10, pp. 26–30. (In Russ.)
4. Ashmarina L. F., Agarkova Z. V., Konyaeva N. M., Gorobey I. M., Davydova N. V., Kazantseva E. V., *Zemledelie*, 2015, No. 2, pp. 41–44. (In Russ.)
5. Burenok V. P., Kukshenova T. P., *Zashchita posevov zernovykh kul'tur ot boleznei: rezul'taty issledovaniy* (Protecting cereal crops from disease: research results), Kemerovo, 2009, 39 p.
6. Loshakov V. G., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, No. 1, pp. 9–13. (In Russ.)
7. Galeev R. F., Shashkova O. N., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, No. 10, pp. 22–25, DOI:10.24411/0235–2451–2019–11005. (In Russ.)
8. Shpakov A. S., *Kormovye kul'tury v sistemakh zemledeliya i sevooborotakh* [Forage crops in cropping systems and crop rotations], Moscow: Rosinformagrotekh, 2004, 400 p.
9. Pinchuk I. P., Polyanskaya L. M., Kirillova N. P., *Pochvovedenie*, 2018, No. 12, pp. 1498–1505. (In Russ.)
10. Loeppmann S., Semenov M., Blagodatskaya E., et al., Substrate quality affects microbial– and enzyme activities in rooted soil, *J. Plant Nutr. Soil. Sci.*, 2016, No. 179, pp. 39–47.
11. Naumova N. A., *Analiz semyan na gribnyuyu i bakterial'nuyu infektsiyu* (Analysis of seeds for fungal and bacterial infection), Leningrad: Kolos, 1970, 206 p.
12. Chulkina V. A., *Kornevye gnili khlebnnykh zlakov v Sibiri* (Root rot of cereals in Siberia), Novosibirsk: Nauka, 1985, 189 p.
13. *Metody eksperimental'noy mikologii* (Methods of experimental Mycology), Edited by V. I. Bilai, Kiev: Naukova Dumka, 1973, 239 p.

14. *Metody opredeleniya bolezney i vreditel'nykh sel'skokhozyaystvennykh rasteniy* (Methods for determining diseases and pests of agricultural plants), Moscow: Agropromizdat, 1987, 224 p.
15. Bilai V.I., *Fuzarii* (Fusaria), Kiev: Naukova Dumka, 1977, 444 p.
16. Pidoplichko N.M., *Griby-parazity kul'turnykh rasteniy. Griby nesovershennyye* (Fungi – parasites of cultivated plants. Imperfect Mushrooms), Kiev: Naukova Dumka, 1977, 300 p.
17. Khokhryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M. et al., *Opredelitel' bolezney rasteniy* (Determinant of plant diseases), Handbook, Sankt-Peterburg, Moscow, Krasnodar: Lan'', 2003, pp. 132–139.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ОЗЕЛЕНЕНИИ НОВОСИБИРСКА

¹С.Х. Вышегуров, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

²А.П. Беланова, кандидат биологических наук

¹Н.В. Пономаренко, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Е.В. Пальчикова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Н.В. Иванова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹А.А. Еремена, студент

¹А.С. Сергеева, студент

Ключевые слова: зеленые насаждения, древесные растения, жизненное состояние, интродуцированные виды, ландшафтные объекты

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: n-ponomarenko@yandex.ru

Реферат. *Исследованы эколого-биологические особенности древесных растений, произрастающих в наиболее популярных скверах города Новосибирска (Театральный, Первомайский, сквер Славы). Зафиксировано 73 вида древесных растений, из которых 13 являются общими для трех ландшафтных объектов. Декоративные садовые формы древесных растений встречаются единично (13 внутривидовых форм, гибридов и сортов древесных растений). Среди формовых растений зафиксированы образцы, которые не подходят для озеленения общественного городского пространства в силу своей низкой зимостойкости. Наибольшим видовым разнообразием отличаются зеленые насаждения сквера Славы. Взаимосвязи между местом произрастания и жизненным состоянием растений не обнаружено. Растения на объектах находятся в хорошем и удовлетворительном жизненном состоянии, экземпляры в неудовлетворительном состоянии встречаются единично. По жизненным формам преобладают кустарники (49 % от общего числа) и деревья первой-второй величины (32 %). В насаждениях отмечены виды природной флоры Новосибирской области и интродуцированные растения из других географических районов (27 и 73 % соответственно). Среди интродуцированных растений преобладают виды с широким евроазиатским типом ареала. Анализ истории создания и реконструкции ландшафтных объектов показал, что в большей степени изменился ассортимент растений на территории Первомайского сквера, видовой состав растений Театрального сквера изменился незначительно. Для формирования более качественной пространственной структуры ландшафтных объектов рекомендуем увеличить видовое и формовое разнообразие насаждений путем привлечения растений различных жизненных форм и экземпляров, прошедших интродукционные испытания в местных климатических условиях. Это позволит создать разнообразные по выразительности пейзажи и ландшафтные композиции, сформировать комфортную среду для отдыха горожан.*

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING WOODY PLANTS IN THE LANDSCAPING OF NOVOSIBIRSK

¹S.Kh. Vyshegurov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

²A.P. Belanova, Candidate of Biological Sciences

¹N.V. Ponomarenko, Candidate of Agricultural Sciences

¹E.V. Palchikova, Candidate of Agricultural Sciences

¹N.V. Ivanova, Candidate of Agricultural Sciences

¹A.A. Eremena, Student

¹A.S. Sergeeva, Student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

Key words: green spaces, woody plants, vital state, introduced species, landscape objects.

Abstract. The ecological and biological characteristics of woody plants growing in the most popular squares of the Novosibirsk city (Teatralny, Pervomaisky, and Slavy square) have been investigated. 73 species of woody plants have been recorded. 13 of them are common to three landscape objects. Ornamental garden forms of woody plants are found separately (13 intraspecific forms, hybrids and varieties of woody plants). Some species of molded plants that are not suitable for landscaping public urban space due to their low winter hardiness were recorded. The greatest species diversity is distinguished by the green spaces of the Slavy square. The correlation between the place of growth and the vital state of plants has not been found. Plants on the objects are in satisfactory vital condition. Species in an unsatisfactory condition are found singly. Shrubs (49% of the total) and trees of the first and second sizes (32%) predominate in terms of life forms. The plantations contain species of natural flora of the Novosibirsk region and introduced plants from other geographic regions (27 and 73%, respectively). Among the introduced plants, species with a wide Eurasian type of area prevail. Analysis of the history of the creation and reconstruction of landscape objects showed that the assortment of plants on the territory of Pervomaisky Square has changed to a greater extent, the species composition of plants in the Teatralny Square has changed insignificantly. To form a better spatial structure of landscape objects, we recommend to increase the species and form diversity of plantings by introduction of plants of various life forms and species that have passed introductory tests in local climatic conditions. This will provide the creation of landscapes and landscape compositions of various expressiveness and to form a comfortable environment for the rest of the citizens

В настоящее время зеленые насаждения играют важную роль в формировании выразительного архитектурно-ландшафтного облика крупных городов и в создании комфортной урбанизированной среды для жизни населения. Вопросам озеленения городов посвящено большое количество научно-практических трудов отечественных и зарубежных ученых [1–3].

В связи с увеличением количества автотранспорта, интенсивным строительством новых зданий неизменно возрастает роль зеленых насаждений в молодом динамичном Новосибирске. Поэтому большое внимание уделяется благоустройству зеленых

зон и разработке рациональных проектных решений по озеленению территории города. Одними из важнейших ландшафтных элементов городского общественного пространства Новосибирска являются такие скверы, как Театральный, Первомайский и монумент Славы (сквер Славы). Они расположены в исторически значимых местах города и испытывают значительную рекреационную нагрузку в силу высокой популярности у населения. Основу насаждений данных скверов составляют древесные растения как наиболее крупные и выразительные формы растительности в ландшафтной архитектуре.

Целью нашей работы являлось исследование эколого-биологических особенностей декоративных древесных растений на территории знаковых ландшафтных объектов Новосибирска.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось в вегетационные периоды 2019–2020 гг. на территории трех наиболее популярных скверов города Новосибирска. Первомайский сквер (П) заложен в 1932 г. по проекту известного архитектора В. М. Тейтеля. В этом сквере был открыт первый городской фонтан, до сих пор являющийся достопримечательностью города [1]. Основные посадки древесных растений проведены в 50-е гг. XX в. В настоящий момент общая площадь сквера составляет 4,7 га.

Театральный сквер (Т) располагается перед Новосибирским государственным академическим театром оперы и балета и является одной из «визитных карточек» города. Первые посадки были проведены в 1947 г., основная масса декоративных растений высажена в 1953–1955 гг. Общая площадь сквера составляет 3,3 га.

Сквер Славы (монумент Славы) (М) возник в городе в результате нереализованного генплана левобережья Новосибирска, разработанного в 1931 г. В 1939 г. планы были скорректированы, и зона насаждений уменьшена до размеров нынешнего сквера (17 га). Массовые посадки декоративных древесных растений проводились в 1967 г. после открытия монумента сибирякам – участникам Великой Отечественной войны [4].

Для определения видовой принадлежности растений, произрастающих на ландшафтных объектах, использовались труды сибирских дендрологов [5–7]. Степень обилия вида в насаждениях проводилась по шкале, разработанной Л. Н. Чиндяевой и др. [8]: 0 – растения вида отсутствуют; 1 – встречаются очень редко (единичные экземпляры); 2 – редко (небольшие группы и отдельные экземпляры); 3 – часто (группы и отдельные экземпляры);

4 – очень часто (большое количество, основа насаждений).

Для оценки жизненного состояния растений, зимостойкости и декоративности отбиралось 40–50 случайных экземпляров каждого вида, представленных в насаждениях объекта в большом количестве; 20–30 растений, встречающихся редко и часто; 1–10 экземпляров для видов, произрастающих редко и единично. Оценка жизненного состояния растений на объекте озеленения осуществлялась по методике В. А. Алексеева [9]. Зимостойкость растений определялась по методике Центрального сибирского ботанического сада [5]. Степень декоративности растений оценивалась по методике О. Ю. Емельяновой [10]. Виды отнесены к элементам природной флоры Новосибирской области согласно «Определителю растений Новосибирской области» [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных натурных обследований на трех знаковых ландшафтных объектах города нами было зафиксировано 73 вида и 13 внутривидовых форм, сортов и гибридов древесных растений, принадлежащих к 27 семействам и 47 родам.

Выявлено, что наибольшим ассортиментом декоративных древесных растений отличаются зеленые насаждения сквера Славы (69 видов, 10 внутривидовых форм и гибридов). В Первомайском сквере зафиксировано 35 видов и 6 внутривидовых форм и гибридов, в Театральном – 17 видов древесных растений (табл. 1).

На ассортимент древесных растений большое влияние оказали как природно-климатические условия Сибири, так и исторические особенности формирования ландшафтных объектов. Общими для трех скверов являются виды, наиболее адаптированные и используемые в зеленом строительстве с начала 50-х гг. XX в.: *Acer ginnala* Maxim. (клен приречный), *Acer negundo* L. (клен ясенелистный), *Betula pendula* Roth (береза повислая), *Fraxinus*

pennsylvanica March. (ясень пенсильванский), *Larix sibirica* Ledeb. (лиственница сибирская), *Malus baccata* (L.) Borkh. (яблоня ягодная), *Padus avium* Mill. (черемуха обыкновенная), *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim (пузыреплодник калинолистный), *Picea obovata* Ledeb. (ель обыкновенная), *Sorbus aucuparia*

L. (рябина обыкновенная), *Syringa vulgaris* L. (сирень обыкновенная), *Tilia cordata* Mill. (липа мелколистная), *Ulmus laevis* Pall. (вяз гладкий). Эти растения, за исключением *Fraxinus pennsylvanica*, являются наиболее часто встречаемыми и на территории ландшафтных объектов (см. табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав и характеристика древесных растений скверов г. Новосибирска
Species composition and characteristics of woody plants in public gardens in Novosibirsk

Название вида	Объект	ЖС	ЖФ	Степень обилия вида в насаждениях	Естественный ареал
1	2	3	4	5	6
1. <i>Abies sibirica</i> Ledeb.	Т, П, М	2	Д	2	Сибирь, Европа, Монголия ¹
2. <i>Acer ginnala</i> Maxim.	Т, П, М	1–2	ДК	3	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
3. <i>Acer negundo</i> L.	Т, П, М	2	Д	3	Северная Америка
4. <i>Acer tataricum</i> L.	П, М	2	ДК	3	Европа, Малая Азия
5. <i>Amelanchier ovalis</i> Medik.	Т, М	1	ДК	1	Северная Америка
6. <i>Amygdalus nana</i> L.	П, М	2	К	1	Европа, Западная Сибирь, Средняя и зарубежная Азия
7. <i>Berberis vulgaris</i> L.	М	2	К	2	Европа
8. <i>Betula pendula</i> Roth	Т, П, М	1–2	Д	4	Евразия ¹
9. <i>Caragana arborescens</i> Lam.	М	2	К	1	Сибирь, Монголия ¹
10. <i>Chaenomeles maulei</i> (Mast.) C.K. Schneid.	М	2	К	1	Япония
11. <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> Fisch. ex Woloszcs.	М	2	К	1	Средняя Азия, Беларусь, Украина, Западная Сибирь
12. <i>Clematis terniflora</i> L.	М	2	Л	1	Корея, Япония
13. <i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	М	2	К	2	Восточная Сибирь
14. <i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	П	2	К	1	Евразия ¹
15. <i>Crataegus sanguinea</i> Pall	Т, М	2	ДК	3	Европа, Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
16. <i>Elaeagnus commutata</i> Bernth.	М	2	К	1	Северная Америка
17. <i>Euonymus europaea</i> L.	М	2	К	1	Беларусь, Урал
18. <i>Forsythia europaea</i> Deg. et Bald.	М	2	К	1	Албания
19. <i>Fraxinus pennsylvanica</i> March.	Т; П; М	2	Д	2	Северная Америка
20. <i>Genista tinctoria</i> L.	М	2	ПК	1	Европа, Западная Сибирь
21. <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	П, М	2	Д	1	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
22. <i>Juniperus communis</i> L.	М	2	ДК	1	Европа, Западная Сибирь, Северная Америка ¹
23. <i>Juniperus sabina</i> L.	П, М	2	К	2	Европа, Сибирь, Средняя Азия, Монголия, Китай
24. <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	Т, П, М	2–2	Д	3	Европа, Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
25. <i>Lonicera nigra</i> L.	М	2	К	1	Европа
26. <i>Lonicera xylosteum</i> L.	М	2	К	1	Европа, Сибирь ¹
27. <i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	Т; П; М	2–2	Д	3	Сибирь, Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
28. <i>Myricaria bracteata</i> Royle	М	2	К	1	Европа, Сибирь, зарубежная Азия
29. <i>Padus avium</i> Mill.	Т, М	2	Д	3	Европа, Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
30. <i>Padus maackii</i> Rupr.	П, М	2	Д	2	Российский Дальний Восток, Китай, Корейский полуостров
31. <i>Padus virginiana</i> L.	М	2	ДК	1	Северная Америка
31. <i>Padus virginiana</i> L.	М	2	ДК	1	Северная Америка
32. <i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	М	2	Л	1	Северная Америка

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
33. <i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz.	М	2	К	1	Евразия, Северная Америка
34. <i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	М	2	Д	1	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
35. <i>Philadelphus coronarius</i> L.	М	2	К	2	Юг Западной Европы
36. <i>Philadelphus tenuifolius</i> Rupr. et Maxim.	М	2	К	1	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
37. <i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.	Т, П, М	1	К	3	Северная Америка
38. <i>Picea abies</i> (L.) Karst.	М	3	Д	2	Европа
39. <i>Picea obovata</i> Ledeb.	Т, П, М	2	Д	3	Сибирь, Российский Дальний Восток, Монголия, Китай, Япония ¹
40. <i>Pinus sibirica</i> Du Tour	П, М	2	Д	1	Евразия ¹
41. <i>Pinus sylvestris</i> L.	П, М	2	Д	2	Евразия ¹
42. <i>Populus alba</i> L.	П	1	Д	2	Европа, Западная Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
43. <i>Populus balsamifera</i> L.	М	1	Д	3	Северная Америка
44. <i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim.	М	2	Д	1	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
45. <i>Quercus robur</i> L.	П, М	2	Д	1	Европа
46. <i>Rhododendron dauricum</i> L.	М	2	К	1	Сибирь, Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
47. <i>Rosa majalis</i> Herrm.	М	2	К	2	Европа, Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
48. <i>Rosa rugosa</i> Thund.	П, М	2	К	2	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
49. <i>Salix fragilis</i> L.	М	2	Д	2	Европа, Малая Азия
50. <i>Salix ledebouriana</i> Trautv.	П, М	2	ДК	1	Сибирь, Монголия
51. <i>Salix lucida</i> Muhl.	П	2	ДК	1	Северная Америка
52. <i>Salix purpurea</i> L.	М	2	ДК	1	Европа, Средняя Азия, Западная Сибирь
53. <i>Salix schwerinii</i> E. Wolf	М	2	Д	1	Восточная Сибирь, Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
54. <i>Sambucus racemosa</i> L.	М	2	ДК	1	Евразия, Северная Америка ¹
55. <i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Br.	П, М	1	К	2	Сибирь, Российский Дальний Восток и зарубежная Азия
56. <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Т, П, М	1–2	ДК	4	Евразия ¹
57. <i>Spiraea chamaedrifolia</i> L.	М	2	К	2	Европа, Сибирь, Средняя Азия ¹
58. <i>Spiraea cinerea</i> L.	П, М	2	К	1	Южная Сибирь, Китай, Монголия
59. <i>Spiraea douglasii</i> Hook.	М	2	К	1	Северная Америка
60. <i>Spiraea hypericifolia</i> L.	М	2	К	2	Европа, Сибирь, Средняя и зарубежная Азия ¹
61. <i>Spiraea japonica</i> L. fil.	П, М	2	К	1	Зарубежная Азия
62. <i>Spiraea media</i> Franz Schmidt	П, М	2	К	2	Европа, Сибирь, Российский Дальний Восток, Средняя Азия ¹
63. <i>Swida alba</i> (L.) Opiz.	П, М	1	К	2	Евразия
64. <i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake	М	2	К	2	Северная Америка
65. <i>Syringa josikaea</i> Jasq. fil.	П, М	2	К	2	Европа
66. <i>Syringa vulgaris</i> L.	Т, П, М	1–2	К	3	Европа, Малая Азия
67. <i>Thuja occidentalis</i> L.	М	2	ДК	1	Северная Америка
68. <i>Tilia cordata</i> Mill.	Т, П, М	1–2	Д	4	Европа, Сибирь, Малая Азия
69. <i>Ulmus laevis</i> Pall.	Т, П, М	2	Д	3	Европа, Западная Сибирь
70. <i>Ulmus pumila</i> L.	П, М	2	Д	3	Восточная и Южная Азия
71. <i>Viburnum lantana</i> L.	М	1	К	1	Европа, Малая Азия, Африка
72. <i>Viburnum opulus</i> L.	П, М	2	К	2	Европа, Сибирь, Средняя и Малая Азия, Африка ¹
73. <i>Viburnum sargentii</i> Koehne	М	2	К	1	Российский Дальний Восток и зарубежная Азия

Примечание. ЖС – жизненное состояние; ЖФ – жизненные формы. ¹Виды природной флоры Новосибирской области.

Note: ЖС – life state, ЖФ – life forms. ¹Types of natural flora of the Novosibirsk region.

Использование одних и тех же видов в большом количестве на знаковых ландшафтных объектах города приводит к монотонности пространственной структуры и снижению выразительности ландшафтных композиций. Редко отдельными экземплярами и группами в насаждениях скверов используется 23 вида растений (*Berberis vulgaris* L., *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Philadelphus coronarius* L. и др.). Наибольшую группу по степени обилия в насаждениях составляют виды, представленные на объектах озеленения единичными образцами.

Насаждения сквера Славы являются хорошим примером повышения ассортимента декоративных растений с помощью использования непривычных для городских объектов видов: *Chaenomeles maulei* (Mast.) C. K. Schneid. (хеномелис Мауля), *Euonymus europaea* L. (бересклет европейский), *Forsythia europaea* Deg. et Bald. (форзиция европейская), *Lonicera nigra* L. (жимолость черная), *Myricaria bracteata* Royle (мирикария прицветниковая), *Phellodendron amurense* Rupr. (бархат амурский), *Rhododendron dauricum* L. (рододендрон даурский), *Salix purpurea* L. (ива пур-

пурная), *Viburnum sargentii* Koehne (калина Саржента). Эти растения встречаются единичными экземплярами и небольшими группами в молодых насаждениях и представляют собой яркие временные акценты в различные периоды вегетации.

Стоит отметить, что на территории исследуемых ландшафтных объектов декоративные садовые формы древесных растений встречаются также единично. Зафиксировано 13 внутривидовых форм, гибридов и сортов древесных растений (табл. 2), которые, за исключением *Acer platanoides* ssp., характеризуются высокими показателями зимостойкости и жизненного состояния на городских объектах. Растения формы *Picea pungens* 'Glauca' зафиксированы в насаждениях всех исследуемых скверов, они традиционно используются в озеленении с середины прошлого столетия.

Оценка декоративности новой формы клена остролистного показывает, что несмотря на оригинальность окраски и формы листовой пластины, эти растения не подходят для озеленения общественного городского пространства. Отсутствие цветения и плодоношения снижает декоративные качества

Таблица 2

Внутривидовые формы, гибриды и сорта древесных растений скверов Новосибирска
Intraspecific forms, hybrids and varieties of woody plants in public gardens of Novosibirsk

Название растения	Объект озеленения	Зимостойкость	Жизненное состояние
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> ssp.)	П	4	3
Пузыреплодник калинолистный Дьябло (<i>Physocarpus opulifolius</i> 'Diablo')	П	2	1
Пузыреплодник калинолистный Золотистый (<i>Ph. opulifolius</i> 'Lutea')	М	2	1
Ива извилистая (<i>Salix</i> sp.)	П, М	2	2
Спирея пепельная (<i>Spirea x cenirea</i> 'Grefsheim')	П	2	2
Свида белая Серебристоокаймленная (<i>Swida alba</i> 'Argenteo-marginata')	П, М	1	1
Ель колючая Сизая (<i>Picea pungens</i> 'Glauca')	Т, П, М	1	2
Ольха серая Разрезная (<i>Alnus incana</i> 'Laciniata')	М	2	2
Чубушник венечный Золотистый (<i>Philadelphus coronaries</i> 'Aureus')	М	2	2
Ель сибирская голубая (<i>Picea obovata</i> 'Coerulea')	М	1	1
Черемуха кистевая (<i>Prunus padus</i> 'Colorata')	М	1	1
Сирень обыкновенная сортовая (<i>Syringa vulgaris</i> ssp.)	М	1	2
Туя западная 'Пирамидальная' (<i>Thuja occidentalis</i> 'Fastigiata')	М	2	2

клена остролистного, а низкая зимостойкость уменьшает эффект основных архитектурных достоинств ствола и кроны растений. Для создания яркого колористического акцента рекомендуем использовать на общественных объектах озеленения краснолистную форму черемухи виргинской – *Prunus virginiana* 'Atropurpureofolia'. Эта форма включена в список рекомендованных растений для озе-

ления Новосибирска [4]. В местных условиях эти растения достигают высоты 4–6 м, отличаются оригинальной пурпурной окраской листьев, обильным цветением и плодоношением. Пик декоративной активности *Prunus virginiana* 'Atropurpureofolia' сохраняется с июля по сентябрь (рис. 1.), растения обладают высокой зимостойкостью, обильным цветением и плодоношением.

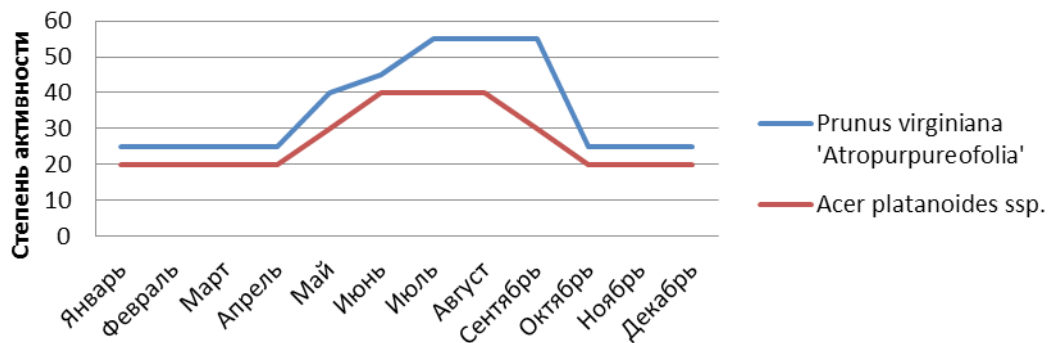


Рис. 1. Динамика изменения степени декоративной активности растений в течение года
Dynamics of changes in the degree of ornamental activity of plants during the year

Взаимосвязи между местом произрастания и жизненным состоянием растений не обнаружено. Состояние представителей одного вида может варьировать в пределах одного объекта. Большинство древесных растений находится в хорошем (1–2 балла) и удовлетворительном (2–3 балла) жизненном состоянии. В неудовлетворительном состоянии (4–5 баллов), с разрушенной кроной, крупными морозобойными трещинами и наклонившимися стволами встречаются чаще остальных видов экземпляры *Sorbus aucuparia* (рябины обыкновенной), *Fraxinus pennsylvanica* (ясень пенсильванского), *Acer negundo* (клена ясенолистного), *Larix sibirica* (лиственницы сибирской).

Характеристика жизненных форм растений указывает на преобладание кустарников и деревьев первой–второй величины (рис. 2, А). Полукустарники и лианы единичны (*Genista tinctoria* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Clematis terniflora* L.), встречаются только на территории сквера Славы. Увеличение численности лиан и полукустарников позволит преодолеть монотонность пространственной структуры на-

саждений, разнообразить ландшафтные композиции на территории знаковых городских ландшафтных объектов. Кроме того, формирование зеленых фасадов позволит задекорировать стены санитарных и технических зданий, улучшить микроклиматические показатели ландшафтных объектов [12].

Среди древесных растений отмечены виды природной флоры Новосибирской области и интродуцированные из других географических районов. Использование узнаваемых древесных растений природной флоры на урбанизированных территориях позволяет сформировать насаждения, сходные по внешнему облику с естественными растительными элементами [13]. На территории Новосибирска в число таких видов входят *Betula pendula*, *Crataegus sanguinea* Pall., *Sambucus racemosa* L. и другие (всего 20 видов), их общая доля от всех зафиксированных древесных растений составила 27%. Эндемиков Сибири в насаждениях не обнаружено.

Интродуцированные виды вносят особый колорит в облик городского ландшафта и являются яркими акцентами ландшафтных

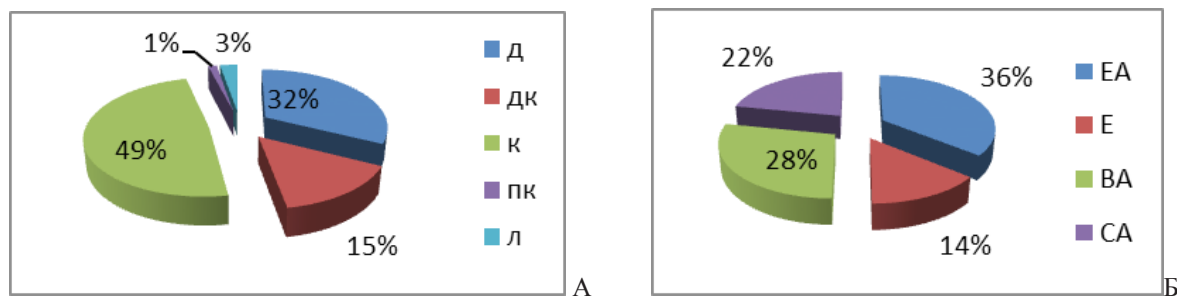


Рис. 2. Анализ древесных растений: А) жизненные формы; Б) типы ареалов.

Д – дерево первой-второй величины; ДК – дерево третьей величины или высокий кустарник; К – кустарник; Л – листопадная лиана; EA – виды с евроазиатским, E – с европейским, BA – с восточно-азиатским, CA – с североамериканским типом ареала.

Analysis of woody plants: A) life forms; B) types of areas.

D - tree of the first or second size; ДК - tree of the third magnitude or tall shrub; K - bush; Л - deciduous liana; EA - species with the Eurasian type of area, E - with the European type, BA - with the East Asian type, CA - with the North American type.

композиций [1]. Доля интродуцированных древесных растений в исследуемых насаждениях составила 73 %, среди них преобладают виды с широким евроазиатским (*Swida alba* (L.) Opiz., *Sorbus aucuparia*, *Pinus sylvestris* L.) типом ареала. Эти растения проявляют высокую зимостойкость в местных условиях и активно используются в зеленом строительстве. Растения с европейским типом ареала в городском озеленении встречаются наиболее редко, так как обладают сниженной зимостойкостью и рекомендуются для ограниченного использования.

Отметим, что в 1962 г. было проведено комплексное обследование зеленых насаждений города [14]. Анализ видового состава исследованных нами объектов показывает, что ассортимент зеленых насаждений сквера у Оперного театра (Театральный сквер в настоящее время) с середины прошлого столетия сохранился почти неизменным. Основу насаждений также составляют яблоня сибирская, клен Гиннала, боярышник кроваво-красный, сирень венгерская и обыкновенная.

Состав древесных растений Первомайского сквера изменился значительно. Так в 60–е гг. насаждения сквера были представлены в основном кленом ясенелистным, который на сегодняшний момент произрастает лишь небольшими группами. В групповых и рядовых посадках отмечали ранее то-

поль сибирский, березу бородавчатую, ясень зеленый, вяз обыкновенный; одиночно встречалась черемуха обыкновенная, лиственница сибирская. Кустарниковые группы состояли из лоха серебристого, калины обыкновенной, облепихи, бузины сибирской, клена татарского, сирени обыкновенной, шиповника морщинистого, жимолости татарской. В наше время на территории сквера наблюдается большее разнообразие древесных растений, расширен ассортимент красивоцветущих кустарников [15]. К сожалению, такие проблемы, как малое разнообразие вьющихся и хвойных растений в насаждениях, остаются актуальными и на сегодняшний день.

ВЫВОДЫ

1. В насаждениях исследованных скверов зафиксировано 73 вида древесных растений. Декоративные садовые формы пока не получили должного распространения, в насаждениях насчитывается не более 13 форм, сортов и гибридов.

2. Двенадцать видов, используемых в зеленом строительстве с начала 50–х гг. XX в., остаются наиболее распространенными и часто встречаемыми на ландшафтных объектах. Растения, рекомендованные для озеленения Новосибирска в последние десятилетия, редко используются для озеленения городских

объектов и встречаются единичными экземплярами только в насаждениях сквера Славы. Целесообразно провести комплексное обследование трех скверов города для формирования технического задания по реконструкции этих объектов.

3. Взаимосвязи между местом произрастания и жизненным состоянием растений не обнаружено. Большинство древесных растений в скверах находится в хорошем и удовлетворительном жизненном состоянии.

4. Среди древесных растений по жизненным формам преобладают кустарники (49 %) и деревья первой–второй величины (32 %), наиболее редки полукустарники (1 %) и лианы (3 %).

5. При формировании зеленых насаждений большее предпочтение отдается интродуцированным растениям, их доля от общего числа видов составила 73 %. Среди них преобладают виды с широким евроазиатским типом ареала.

6. С целью повышения эстетического состояния насаждений и создания комфортной среды для отдыха горожан рекомендуется своевременно удалять экземпляры с неудовлетворительным жизненным состоянием, использовать растения разных жизненных форм (включая лианы и полукустарники), разнообразить ассортимент декоративных садовых форм древесных растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ландшафтная архитектура Сибири: учеб. пособие для вузов* / М. Р. Колпакова, А. А. Гончар, Л. Н. Чиндяева, Е. А. Березина. – Новосибирск: НГАХА, 2003. – 163 с.
2. *The Systematic Review on Quality of Life in Urban Neighborhoods* / Н. Najafpour, Rad V. Bigdeli, Н. Lamit, S. M. Fitry // *Life Sci J.* – 2014. – Vol. 11 (7). – P. 355–364.
3. *Swanwick C., Dunnett N., Woolle H. Nature, role and value of green space in towns and cities: An overview* // *Built Environment.* – 2003. – Vol. 29 (2). – P. 94–106.
4. *Зеленый Новосибирск. Концепция развития озелененных общественных пространств общегородского значения* / А. Ю. Ложкина, М. С. Смирнова, К. А. Голодяев, С. А. Гижицкая, Е. А. Карпов, Т. А. Скурихина, А. М. Архипова, Л. В. Юрченко, Д. А. Лебедев, А. В. Дубынин. – Новосибирск: Вояж, 2017. – 129 с.
5. *Встовская Т. Н., Коропчинский И. Ю.* Определитель местных и экзотических древесных растений Сибири. – Новосибирск: Гео, 2003. – 702 с.
6. *Встовская Т. Н., Коропчинский И. Ю.* Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 235 с.
7. *Интродукция древесных растений в Сибири* / Т. Н. Встовская, И. Ю. Коропчинский, Т. И. Киселева, А. Б. Горбунов, А. В. Каракулов, Н. П. Лаптева. – Новосибирск: Гео, 2017. – 716 с.
8. *Древесные растения в озеленении сибирских городов* / Л. Н. Чиндяева, М. А. Томошевич, А. П. Беланова, Е. В. Банаев. – Новосибирск: Гео, 2018. – 457 с.
9. *Алексеев В. А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение.* – 1989. – № 4. – С. 51–57.
10. *Емельянова О. Ю.* К методике комплексной оценки декоративности древесных растений // *Современное садоводство.* – 2016. – № 3. – С. 54–74.
11. *Определитель растений Новосибирской области* / И. М. Красноборов, М. Н. Ломоносова, Д. Н. Шауло [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 2000. – 492 с.
12. *Köhler M.* Green Facades-A view back and some visions // *Urban Ecosystem.* – 2008. – Vol. 11. – P. 423–436.
13. *Природный акцент в городском озеленении* / О. В. Храпко, А. В. Копьёва, О. Г. Иванова, О. В. Храпко [Электронный ресурс] // *Современные проблемы науки и образования.* –

2015. – № 5. – Режим доступа: <http://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=22537> (дата обращения: 09.11.2020).

14. Зубкус Л. П., Скворцова А. В., Кормачева, Т. Н. Озеленение Новосибирска. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1962. –339 с.
15. Дикорастущие и культурные растения Новосибирской области в ландшафтной архитектуре: учеб. пособие / С. Х. Вышгуров, Е. В. Дымина, Н. В. Пономаренко [и др.]; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2016. –388 с.

REFERENCES

1. Kolpakova M. R., Gonchar A. A., CHindyaeva L. N., Berezina E. A., *Landshaftnaya arhitektura Sibiri: (Landscape architecture of Siberia)*, A textbook for universities, Novosibirsk: NGAHA, 2003, 163 p.
2. Najafpour H., Bigdeli Rad V., Lamit H., Fitry S. M., The Systematic Review on Quality of Life in Urban Neighborhoods, *Life Sci J.*, 2014, Vol. 11 (7), pp. 355–364.
3. Swanwick C., Dunnett N., Woolle H., Nature, role and value of green space in towns and cities: An overview, *Built Environment*, 2003, Vol. 29 (2), pp. 94–106.
4. Lozhkina A. YU., Smirnova M. S., Golodyaev K. A., Gizhickya S. A., Karpov E. A., Skurikhina T. A., Arhipova A. M., YUrchenko L. V., Lebedev D. A., Dubynin A. V., *Zelenyj Novosibirsk. Konceptiya razvitiya ozelenennykh obshchestvennykh prostranstv obshchegorodskogo znacheniya* (The concept of development of green public spaces of citywide significance), Novosibirsk: Voyazh, 2017, 129 p.
5. Vstovskaya T. N., Koropachinskij I. YU., *Opredelitel» mestnykh i ekzoticheskikh drevesnykh rastenij Sibiri* (Determinant of local and exotic woody plants of Siberia), Novosibirsk: Geo, 2003, 702 p.
6. Vstovskaya T. N., Koropachinskij I. YU., *Drevesnye rasteniya Central'nogo sibirskogo botanicheskogo sada* (Woody plants of the Central Siberian Botanical garden), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2005, 235 p.
7. Vstovskaya T. N., Koropchinskij I. YU., Kiseleva T. I., Gorbunov A. B., Karakulov A. V., Lapteva N. P., *Introdukciya drevesnykh rastenij v Sibiri* (Introduction of woody plants in Siberia), Novosibirsk: Geo, 2017, 716 p.
8. CHindyaeva L. N., Tomoshevich M. A., Belanova A. P., Banaev E. V., *Drevesnye rasteniya v ozelenenii sibirskikh gorodov* (Wood plants in the landscaping of Siberian cities), Novosibirsk: Geo, 2018, 457 p.
9. Alekseev V. A., *Lesovedenie*, 1989, No. 4, pp. 51–57. (In Russ.)
10. Emel'yanova O. YU., *Sovremennoe sadovodstvo*, 2016, No. 3, pp. 54–74. (In Russ.)
11. Krasnoborov I. M., Lomonosova M. N., SHaulo D. N., *Opredelitel» rastenij Novosibirskoj oblasti* (Determinant of plants of the Novosibirsk region), Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe predpriyatie RAN, 2000, 492 p.
12. Köhler M., Green Facades-A view back and some visions, *Urban Ecosystem*, 2008, Vol. 11, pp. 423–436.
13. Hrapko O. V., Kop'yova A. V., Ivanova O. G., Hrapko O. V., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 5, URL: <http://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=22537> (data obrashcheniya: 09.11.2020). (In Russ.)
14. Zubkus L. P., Skvorcova A. V., Kormacheva, T. N., *Ozelenenie Novosibirska* (Landscaping of Novosibirsk), Novosibirsk: Izdatel'stvo sibirskogo otdeleniya AN SSSR, 1962, 339 p.
15. Vyshgurov S. H., Dymina E. V., Ponomarenko N. V., *Dikorastushchie i kul'turnye rasteniya Novosibirskoj oblasti v landshaftnoj arhitekture* (Wild and cultivated plants of the Novosibirsk region in landscape architecture), Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoj kolos», 2016, 388 p.

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

Р. Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е. А. Ковалев, аспирант
М. С. Шульга, заведующий лабораторией
Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: rastniev@mail.ru

Ключевые слова: картофель, сорт, микроэлементы, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, урожайность, качество, эффективность возделывания

Реферат. Цель работы – изучить эффективность применения микроэлементов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. Экспериментальные данные получены на черноземе выщелоченном Новосибирского района Новосибирской области в 2017–2019 гг. В опытах использована общепринятая технология возделывания картофеля. Общим фоном под картофель с осени вносили удобрения в дозе $P_{90}K_{90}$. Азотные удобрения (60 кг/га) применяли весной под предпосевную культивацию. Некорневые подкормки микроэлементами (Cu, B, Zn) применяли в начале фазы бутонизации растений картофеля: медь – 20, бор – 45, цинк – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га. Микроэлементы усиливали темпы роста и развития сортов картофеля трех групп спелости. У сортов Любава (ранний), Свитанок киевский (среднеранний), Тулеевский (среднеспелый) применение микроэлементов способствовало увеличению показателей развития фотосинтетического аппарата (максимальная и средняя площадь листьев, ФСП и продуктивность растений) в среднем на 21 %, в особенности на фоне бора и цинка. Некорневые подкормки картофеля повышали параметры урожайности в среднем на 24 % относительно контроля (вода). Увеличение товарности клубней достигало 12 %. Более высокий эффект отмечен на фоне использования бора: достоверная прибавка урожайности, сухого вещества, крахмала, витамина С. В вариантах с микроэлементами уменьшалась поражаемость картофеля ризоктонизмом.

YIELD AND QUALITY OF POTATOES DEPENDING ON THE APPLICATION OF MICROELEMENTS IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OB IN NOVOSIBIRSK

R. R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Kovalev E. A., PhD-student
Shulga M. S., Head of the laboratory
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: potato, variety, trace elements, leaf area, photosynthetic potential, yield, quality, cultivation efficiency.

Abstract. The aim of the work is to study the effectiveness of the use of trace elements on potato varieties of different ripeness groups in the northern forest-steppe Ob in the Novosibirsk region. Experimental data were obtained on leached black soil of Novosibirsk region in 2017–2019. The generally accepted technology of potato cultivation was used for the experiments. Since autumn, fertilizers at a dose of $P_{90}K_{90}$ were applied as a general background for potatoes. Nitrogen fertilizers

(60 kg / ha) were applied in the spring for pre-sowing cultivation. Foliar dressing with microelements (Cu, B, Zn) was used at the beginning of the budding phase of potato plants: copper – 20, boron – 45, zinc – 50 g of active ingredient per 1 ha with a working fluid consumption of 300 l/ha. Trace elements increased the growth and development rates of potato varieties of three groups of ripeness. In varieties Liubava (early), Svitnok Kievsky (mid-early), Tuleevsky (mid-season), the use of trace elements contributed to an increase in the development indicators of the photosynthetic apparatus (maximum and average leaf area and plant productivity) by an average of 21 %, especially against the background of boron and zinc. Foliar dressing of potatoes increased the yield parameters by an average of 24 % relative to the control (water). The increase in the marketability of tubers reached 12 %. A greater effect was achieved against the background of boron use: a significant increase in yield, dry matter, starch, vitamin C. In variants with microelements, the susceptibility of potatoes by rhizoctoniosis decreased.

Картофель является важной продовольственной сельскохозяйственной и ведущей технической культурой в Сибири. Почвенно-климатические условия большинства районов региона благоприятны для обеспечения высокой урожайности этой культуры [1–4]. Данные научно-исследовательских учреждений и передовой практики свидетельствуют, что в хозяйствах разных форм собственности и в личном подворье можно получать урожайность клубней до 40–50 т/га [5–8]. Однако показатели продуктивности этой важной культуры остаются на невысоком уровне – 22–24 т/га [8,9]. Основные причины заключаются в отсутствии научно обоснованных севооборотов, недостатке удобрений, в особенности органических [10,11]. Кроме того, в регионе имеет место острый дефицит микроэлементов в почве, прежде всего, бора, меди и цинка [12]. По данным ряда ученых, дефицит меди испытывают 60 % пахотных угодий, цинка – свыше 55, молибдена – 80 % [13–16]. Для картофеля наиболее важными являются бор, медь, цинк. При внесении высоких доз фосфорных удобрений снижается поступление цинка в растения, калийных – бора, азотных – меди [17–20].

Показано, что при проведении некорневой подкормки растения используют до 60–70 % микроэлементов, в то время как при внесении в почву – всего несколько процентов [21–25]. Некорневые подкормки являются энергосберегающим приемом в связи с их совмещением с применением средств защиты растений. По данным ряда ученых, внесение

меди под картофель ускоряет темпы клубнеобразования, увеличивает устойчивость растений к болезням, способствует увеличению содержания крахмала и сухих веществ [26]. Применение бора оправданно на легких почвах, особенно дерново-подзолистых и серых лесных, имеющих низкое его содержание. Цинк входит в состав нескольких ферментов, регулирует углеводный и белковый обмен, влияет на содержание хлорофилла, и его внесение благоприятно для картофеля [27].

Целью наших исследований являлось изучение эффективности применения микроэлементов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. В этой связи нами в 2017–2019 гг. на полях ООО «К(Ф)Х Квант» Новосибирского района Новосибирской области проведены исследования по установлению эффективности применения разных микроэлементов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Черноземы выщелоченные опытных участков являются среднесуглинистыми (гумусовый горизонт 32–58 см) с объемной массой 1,15 г/см³, суммой поглощенных оснований в пахотном слое 37 мг-экв/100 г, гидролитической кислотностью 2,1 мг-экв, рН водной вытяжки 7,16. Влажность завядания чернозема выщелоченного 8,1 %, наименьшая влагоемкость – 23 % от массы почвы. Содержание гумуса составляло 6,35 % (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,20, фосфора –

0,23, а калия 1,12 % при 12,8 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 21,6 – подвижного фосфора и 14,3 мг/100 г почвы обменного калия, рН солевой вытяжки 6,06.

Метеорологические условия во время опытной работы различались как по температурному режиму, так и по сумме осадков. По температуре и влажности наиболее благоприятные условия сложились в 2017 г. (сумма осадков за вегетацию – 308 мм), более засушливые – в 2019 г. (248 мм). Общая площадь делянки 56,3 м², учетная – 50 м², повторность – четырехкратная, расположение – рендомизированное.

Фенологические фазы картофеля изучали по методике Госсортсети, динамику роста площади листьев определяли в возрасте 20, 40, 50 суток от массовых всходов и перед уборкой по 10 растениям каждого варианта. Площадь листьев рассчитывали по формулам регрессии по методу Н.Ф. Коняева [28]. Фотосинтетический потенциал посадок картофеля выявляли по методике А.А. Ничипоровича [29]. Химический со-

став клубней определяли в аналитической лаборатории Новосибирского университета потребкооперации по следующим методам: сухое вещество – высушиванием, крахмал – поляриметрическим по Эверсу, сахар – по Бертрану, витамин С – по Мурри, нитраты – ион-селективным.

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова [30].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях 2017–2019 гг. на черноземе выщелоченном на опытных участках ООО «К(Ф)Х Квант» применялась общепринятая агротехника возделывания. Общим фоном под картофель с осени использовали фосфорно-калийные удобрения в дозе Р₉₀К₉₀. Азотные удобрения (60 кг/га) в форме аммиачной селитры вносили весной под предпосевную культивацию. Некорневые подкормки микроэлементами осуществляли в начале бутонизации растений картофеля:

Таблица 1

Влияние микроэлементов на фотосинтетические показатели и продуктивность растений картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)

Influence of trace elements on photosynthetic parameters and productivity of potato plants (average for 2017–2019)

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га		ФСП, тыс. м ² · сут/га	Продуктивность		
	максимальная	средняя		т/1 тыс. м ² листьев	г/м ² ФСП средняя пло- щадь листьев	
Сорт Любава						
Контроль (вода)	18,7	15,6	1497	1,87	27,6	27,4
Медь	19,6	16,3	1565	1,98	29,4	30,2
Бор	20,8	17,8	1709	1,96	30,2	30,8
Цинк	20,3	17,4	1670	1,92	29,8	30,3
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	19,3	16,2	1718	2,08	29,3	29,6
Медь	21,6	19,6	2078	1,84	30,8	31,4
Бор	23,2	20,1	2131	1,92	30,2	30,0
Цинк	22,7	17,9	1913	2,07	29,8	30,1
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	20,1	15,8	1769	1,64	28,7	28,5
Медь	23,8	16,2	1814	1,77	30,1	30,6
Бор	24,6	17,4	1949	1,96	29,6	30,1
Цинк	21,9	16,5	1848	1,99	30,8	30,9
НСР ₀₅	0,65	0,72	0,67	0,12	0,85	0,45

медь – 20 г, бор – 45, цинк – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га. В качестве медного удобрения использовали сульфат меди (25 % Cu), борного – кислоту борную (17 % В), цинкового – сернокислый цинк (22 % Zn). Подкормку провели в период первой фитопатологической обработки картофеля.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что у сортов разных групп спелости при подкормках микроэлементами отмечались более развитые фотосинтетические параметры. У раннего сорта Любава показатели максимальной и средней площади листьев были в вариантах с внесением бора и цинка достоверно выше относительно контроля (вода) – в среднем на 18 %. Параметры фотосинтетического потенциала с внесением микроэлементов превышали контрольный фон на 16 %. По продуктивности растений выделялись варианты с внесением бора и цинка – как по хозяйственной, так и по суммарной в пересчете на единицу средней площади листьев.

Аналогичные данные получены и у среднераннего сорта Свитанок киевский и средне-спелого Тулеевский. У сорта Свитанок киевский наблюдалась большая отзывчивость по увеличению средней площади листьев и ФСП на применение борного удобрения – до 25 % (табл. 1).

Показано, что у всех изученных сортов картофеля высота растений была достоверно выше на фоне применения микроэлементов, особенно бора и цинка. По количеству стеблей также доминировали варианты с микроэлементами (превышение на 14–19 % относительно контроля). Отмечено, что количество клубней на фоне использования микроэлементов увеличивалась у раннего сорта Любава на 14 %, Свитанок киевский (среднеранний) – на 24 и Тулеевский – на 31 %. Показатели средней массы клубня у сорта Любава возрастали на 11 %, Тулеевский – на 15 %. У среднераннего сорта Свитанок киевский достоверные различия по средней массе клубня не обнаружены (табл. 2).

В опытах выявлено, что во все годы проведения экспериментальной работы количество

Таблица 2

Рост и развитие растений картофеля под влиянием микроэлементов (среднее за 2017–2019 гг.)
Growth and development of potato plants under the influence of trace elements (average for 2017–2019)

Вариант	Высота растений, см	Количество стеблей, шт.		Количество клубней, шт.		Средняя масса клубней, г
		на 1 растение	на 1 м ²	на 1 растение	на 1 м ²	
Сорт Любава						
Контроль (вода)	68,9	6,1	30,2	12,6	64,5	79
Медь	76,5	6,4	32,4	13,8	70,6	87
Бор	80,3	6,6	32,8	13,2	67,6	87
Цинк	74,2	6,2	30,9	13,7	70,1	85
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	83,9	7,0	33,4	16,3	83,4	74
Медь	87,8	7,3	33,7	18,1	91,8	77
Бор	89,2	7,3	33,8	20,2	103,4	79
Цинк	86,4	7,2	33,6	17,3	88,5	75
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	78,3	6,2	30,4	9,8	50,9	89
Медь	84,2	6,4	32,4	10,7	55,6	96
Бор	86,7	6,5	31,8	13,4	68,6	102
Цинк	85,9	6,3	31,4	12,7	64,8	94
НСР ₀₅	1,27	0,12	0,72	1,24	2,67	2,51

Примечание. Дата отбора 10 сентября. Посадка проводилась 12–16 мая, схема посадки – 70 x 35 см.

The selection date is September 10. Planting was carried out on May 12–16, the planting pattern was 70 x 35 cm.

клубней на одно растение было выше на фоне микроэлементов, в особенности бора и цинка: у сорта Любава – на 32%, Свитанок киевский – на 37 и Тулеевский – на 16%. В период уборки масса клубня на фоне микроэлементов превышала контроль на 14–25%, в т.ч. товар-

ных – на 15–23%. Отмечено снижение зараженных ризоктонизом клубней на 9% у сорта Любава, на 6% – у сорта Свитанок киевский и на 11% у среднеспелого сорта Тулеевский (табл. 3).

Таблица 3

Влияние микроэлементов на формирование клубней и их массу (среднее за 2017–2019 гг.)
Influence of trace elements on the formation of tubers and their mass (average for 2017–2019)

Вариант	Количество клубней на 1 растение, шт.		Масса клубня, г		Зараженность ризоктонизом, %
	всего	в т.ч. товарных	среднего	товарного	
Сорт Любава					
Контроль (вода)	7,8	5,7	84	96	24
Медь	8,6	7,6	94	108	17
Бор	10,3	8,9	102	115	15
Цинк	9,4	8,0	100	110	16
Сорт Свитанок киевский					
Контроль (вода)	11,6	8,8	76	92	18
Медь	14,8	12,3	83	98	14
Бор	15,5	13,1	87	114	12
Цинк	13,8	11,1	77	105	15
Сорт Тулеевский					
Контроль (вода)	9,6	6,9	93	96	21
Медь	10,2	7,9	96	110	10
Бор	11,3	9,6	108	118	12
Цинк	10,8	8,7	102	101	18
НСР ₀₅	0,43	0,92	2,65	3,14	1,15

Использование микроэлементов в виде некорневой подкормки в фазу бутонизации способствовало повышению урожайности при сроке уборки в начале сентября на 17% у сорта Любава, 19 – у сорта Свитанок киевский и до 41% – у сорта Тулеевский. При окончательной уборке в середине сентября у сорта Любава в варианте с бором урожайность возросла на 20%, Свитанок киевский – на 14 и Тулеевский – на 27%. Статистически показано, что урожайность картофеля зависела от микроэлементов на 32%, генотипа – на 28 и условий года – на 21%. Из взаимодействий выделялось «микроэлементы – год» – 4,6% (табл. 4).

По товарности максимальные показатели у раннего сорта Любава выявлены в варианте с бором, что на 8% выше контроля; у среднераннего сорта Свитанок киевский также на фоне борных удобрений и применения меди и цинка – на 3–8%. Аналогичные

показатели получены и у среднеспелого сорта Тулеевский. По содержанию сухого вещества у сортов Любава и Тулеевский имеется тенденция к увеличению с применением микроэлементов на 0,3–0,4%. Наибольшее содержание крахмала наблюдалось у сорта Свитанок киевский (на уровне 20%) в отличие от других сортов (Любава – 15–16, Тулеевский – 17%). Микроэлементы достоверно повышали крахмалистость клубней – на 0,5–1,1%. По содержанию витамина С и редуцирующих сахаров следует констатировать, что витамина С было больше на фоне применения микроэлементов и менее значимо различие по сахарам (табл. 5).

Концентрация нитратов не зависела от применения микроэлементов и колебалась в пределах ошибки опыта. Нитратов содержалось в 5–8 раз меньше ПДК для данной культуры (250 мг/кг).

Таблица 4

Влияние микроэлементов на урожайность сортов картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)
Influence of trace elements on the yield of potato varieties (average for 2017–2019)

Вариант	Урожайность, т/га			
	1 сентября		15 сентября	
	общая	прибавка к контролю, %	общая	прибавка к контролю, %
<i>Сорт Любава</i>				
Контроль (вода)	26,2	-	29,3	-
Медь	28,6	11	32,4	12
Бор	30,4	17	34,9	20
Цинк	29,3	12	33,5	15
<i>Сорт Свитанок киевский</i>				
Контроль (вода)	27,8	-	33,8	-
Медь	29,6	8	36,2	7
Бор	32,4	19	38,6	14
Цинк	31,2	13	37,1	9
<i>Сорт Тулеевский</i>				
Контроль (вода)	10,4	-	26,5	-
Медь	13,2	24	28,7	8
Бор	15,6	41	34,2	27
Цинк	14,2	30	32,1	20

Примечание. Результаты дисперсионного анализа двухфакторного ответа (4 × 3): НСР₀₅ для частных различий – 1,26 т, НСР₀₅ для фактора А (дозы микроэлементов) – 0,96, для фактора В (год) и взаимодействий – 1,12 т. Главные эффекты и взаимодействия: А (сорт) – 28 %, микроэлементы – 32, год – 21 %; АВ – 2,1; АС – 1,8; ВС – 4,6; АВС – 1,9.

Note. Results of analysis of variance of two-factor response (4 × 3): NSR₀₅ for partial differences is 1.26 tons, NSR₀₅ for factor A (doses of trace elements) is 0.96, for factor B (year) and interactions is 1.12 tons ... Main effects and interactions: A (grade) – 28 %, trace elements – 32, year – 21 %, АВ – 2.1; АС – 1.8; ВС – 4.6; АВС – 1.9.

Таблица 5

Товарность и биохимический состав клубней сортов картофеля разных групп спелости
при использовании микроэлементов (среднее за 2017–2019 гг.)
Marketability and biochemical composition of tubers of potato varieties of different ripeness groups
using trace elements (average for 2017–2019)

Вариант	Товарность,%	Содержание,% на сырое вещество				
		сухое веще- ство	крахмал	витамин С, мг%	редуцирующие сахара	нитраты, мг/кг
Сорт Любава						
Контроль (вода)	76	23,2	15,6	14,6	0,43	43
Медь	82	23,6	15,4	16,2	0,56	40
Бор	88	23,5	16,1	14,7	0,42	34
Цинк	84	23,4	15,8	14,5	0,31	53
Сорт Свитанок киевский						
Контроль (вода)	82	24,0	19,5	15,1	0,40	63
Медь	86	24,3	19,8	15,6	0,35	68
Бор	90	24,4	20,6	15,8	0,40	60
Цинк	85	24,2	20,1	14,8	0,38	55
Сорт Тулеевский						
Контроль (вода)	73	23,5	16,8	14,9	0,29	33
Медь	76	23,8	17,4	14,7	0,33	30
Бор	79	23,9	17,6	15,3	0,48	43
Цинк	76	23,4	17,3	14,8	0,35	29
НСР ₀₅	2,72	0,12	0,18	0,27	0,05	3,86

ВЫВОДЫ

1. В разные по метеорологическим условиям годы некорневые подкормки растений в фазе бутонизации сортов картофеля трех групп спелости: Любава (ранний), Свитанок киевский (среднеранний) и Тулеевский (среднеспелый) – в дозах: меди 20, бора – 45 и цинка – 50 г действующего вещества на 1 га с расходом рабочей жидкости 300 л/га способствовали повышению фотосинтетических параметров (максимальная средняя площадь листьев, ФСП и продуктивность растений) на 16–23 %, особенно в вариантах с бором и цинком.

2. Некорневые подкормки растений картофеля трех групп спелости бором, цинком и медью повышали урожайность клубней на

14–27 % и улучшили при этом товарность на 8–12 % и внешний вид клубня.

3. Наилучшие результаты отмечены при некорневой подкормке растений картофеля бором. В этом варианте относительно контроля (вода) получена достоверная прибавка урожайности в сочетании с увеличением содержания сухого вещества крахмала, витамина С при содержании нитратов в 5–8 раз ниже ПДК для этой культуры. Установлено существенное снижение поражаемости картофеля ризоктониозом на фоне применения микроэлементов.

4. Статистически определено, что урожайность картофеля зависела от генотипа на 28 %, микроэлементов – на 32 и условий года – на 21 % при наибольшем взаимодействии факторов «микроэлементы – год» – 4,6 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Картофель в России* / под ред. А. В. Коршунова. – М.: ООО «Достижения науки и техники в АПК». – 2003–968 с.
2. *Полухин Н. И.* Картофель в Сибири. – Новосибирск: Юпитер, 2010. – 71 с.
3. *Галеев Р. Р.* Интенсивные технологии производства картофеля и овощей в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2001. – 236 с.
4. *Галеев Р. Р.* Клубнекорнеплоды в Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2003. – 176 с.
5. *Машьянова Г. К., Гринберг Е. Г., Штайнерт Т. В.* Овощные культуры и картофель в Сибири. – Новосибирск, 2010. – 523 с.
6. *Чагин Вл. В., Галеев Р. Р., Чагин Вик. В.* Сортоизучение свеклы столовой и картофеля в условиях Республики Хакасия // Вестник Бурятской ГСХА. – 2010. – № 1 (18). – С. 73–76.
7. *Галеев Р. Р.* Особенности производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск, 2017. – 116 с.
8. *Лапишинов Н. А.* Особенности семеноводства картофеля в Кемеровской области. – Кемерово: Книгоиздат, 2007. – 78 с.
9. *Кильсен К. М.* Картофель в орошаемом земледелии. – Чита, 2003. – 48 с.
10. *Галеев Р. Р., Шульга М. С.* Эффективность элементов адаптивной технологии ускоренного семеноводства безвирусного картофеля в северной лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. – 2014. – № 4 (33) – С. 28–33.
11. *Кондратов А. Ф., Галеев Р. Р., Михеев В. В.* Урожайный картофель. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2009. – 85 с.
12. *Азаренко Ю. А.* Закономерности содержания, распределения взаимосвязи микроэлементов в системе почва – растение в условиях юга Западной Сибири. – Омск: Вариант-Омск, 2013. – 232 с.
13. *Азаренко Ю. А.* Микроэлементы и урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 10. – С. 56–60.

14. Азаренко Ю. А. Бор в почвах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2007. – С. 50.
15. Азаренко Ю. А. Содержание и соотношение форм бора в почвах с разной степенью борного засоления Омь – Иртышского междуречья // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 8. – С. 38–43.
16. Леонова В. В., Азаренко Ю. А., Парфенова Я. В. Альгофлора почв борного засоления юга Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (118). – С. 188–192.
17. Анспок П. И. Микроудобрения: справочник. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 268 с.
18. Богдевич М. В., Рак М. В., Сафроновская Г. М. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур // Международный аграрный журнал. – 2001. – № 5. – С. 17–19.
19. Влияние микроэлементов на урожайность и качество клубней картофеля // Картофелеводство. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 127–133.
20. Lerna A., Pellegrino A., Malvuccio A. Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes // Postharvest Biol. Technol. – 2017. – Vol. 134. – P. 38–44.
21. Gaj R., Borowski-Beszta J. Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on potato yield and quality // Eur. J. Hort. Sci. – 2020. – P. 86–93.
22. Gómez M. I., Magnitskiy S., Rodriguez L. E. Nitrogen, phosphorus and potassium accumulation and partitioning by the potato group Andigenum in Colombia // Nut. Cycl. Agroecosyst. – 2019. – Vol. 113. – P. 349–363.
23. Hadi M. R., Taheri R., Balali G. R. Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers // Journal of Plant Nutrition. – 2014. – Vol. 38 (2). – P. 202–211.
24. Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentration in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control / M. F. Mengist, S. Alves, D. Giffin [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2018. – Vol. 131 (4). – P. 929–945.
25. Sawicka B., Barbas P., Skiba D. Fluctuation of sodium, copper, zinc, iron and manganese in potato tubers in the organic and integrated production system // Journal of Elementology. – 2016. – Vol. 21 (2). – P. 539–547.
26. Azarenko Yu. A. The boron content in soils of solonchic complexes in the Irtysh region of Omsk oblast and the boron resistance of plants // Eurasian Soil Science. – 2007. – Т. 40, N 5. – P. 512–521.
27. Курзаков Н. Н. Микроэлементы и урожай. – Киров: РИТМ, 2004. – 121 с.
28. Коняев Н. Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Доклады ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 43–46.
29. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность в посевах сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 231 с.
30. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 365 с.

REFERENCES

1. *Kartofel» v Rossii* (Potato in Russia), Moscow: Dostizheniya nauki i tekhniki v APK, 2003, 968 p.
2. Polukhin N. I. *Kartofel» v Sibiri* (Potato in Siberia), Novosibirsk: Yupiter, 2010, 71 p.
3. Galeev R. R. *Intensivnye tekhnologii proizvodstva kartofelya i ovoshchey v Zapadnoy Sibiri* (Intensive technologies of potato and vegetable production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2001, 236 p.
4. Galeev R. R. *Klubnekorneplody v Sibiri* (Tubers in Siberia) Novosibirsk: Agro-Siberia, 2003, 176 p.
5. Maslanova G. K., Greenberg E. G., Steinert T. V. *Ovoshchnye kul'tury i kartofel» v Sibiri* (Vegetable crops and potatoes in Siberia), Novosibirsk, 2010, 523 p.

6. Chagin V.I.V., Galeev R.R., Chagin V.B., *Vestnik Buryatskoy GSKhA*, 2010, No. 1 (18), pp. 73–76. (In Russ.)
7. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v Zapadnoy Sibiri* (Features of potato production in Western Siberia), Novosibirsk, 2017, 116 p.
8. Lapshinov N.A., *Osobennosti semenovodstva kartofelya v Kemerovskoy oblasti* (Features of the seed growing in the Kemerovo region), Kemerovo: Knigoizd, 2007, 78 p.
9. Kelsen K.M. *Kartofel» v oroshaemom zemledelii* (Potatoes in irrigated agriculture), Chita, 2003, 48 p.
10. Galeev R.R., Shulga M.S., *Vestnik NGAU*, 2014, No. 4 (33), pp. 28–33. (In Russ.)
11. Kondratov A.F., Galeev R.R., Mikheev V.V., *Urozhaynyy kartofel»* (Potato Yield), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2009, 85 pp.
12. Azarenko Yu.A., *Zakonomernosti sodержaniya, raspredeleniya vzaimosvyazi mikroelementov v sisteme pochva – rastenie v usloviyakh yuga Zapadnoy Sibiri* (Patterns of content, the distribution of the relationship of trace elements in the system soil – plant in the South of Western Siberia), Omsk: Variant, 2013, 232 p.
13. Azarenko Yu.A., *Vestnik KrasGAU*, 2012, pp. 85–90. (In Russ.)
14. Azarenko Yu.A., *Nauchnoe obespechenie APK Sibiri, Mongolii i Kazakhstana*, Novosibirsk, 2007, pp. 50.
15. Azarenko Yu.A., *Vestnik KrasGAU*, 2012, No. 8, pp. 38–43. (In Russ.)
16. Leonov V.V., Azarenko Y.A., Parfenov A.V., *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2013, No. 1 (118), pp. 188–192.
17. Anspach P.I., *Mikroudobreniya* (Micronutrient), Leningrad: Agropromizdat, 1990, 268 p.
18. Bogdevich M.V., Rak M.V., Safronovskaya G.M., *Mezhdunarodnyy agrarnyy zhurnal*, 2001, No. 5, pp. 17–19. (In Russ.)
19. *Kartofelevodstvo*, Minsk, 2008, T. 15, pp. 127–133 (In Russ.)
20. Lerna A., Pellegrino A., Malvuccio A., Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes, *Postharvest Biol. Technol.*, 2017, Vol. 134, pp. 38–44.
21. Gaj R., Borowski-Beszta J., Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on potato yield and quality, *Eur. J. Hortic. Sci.*, 2020, pp. 86–93.
22. Gómez M.I., Magnitskiy S., Rodriguez L.E., Nitrogen, phosphorus and potassium accumulation and partitioning by the potato group Andigenum in Colombia, *Nut. Cycl. Agroecosyst.*, 2019, Vol. 113, pp. 349–363.
23. Hadi M.R., Taheri R., Balali G.R., Effect of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers, *Journal of Plant Nutrition*, 2014, Vol. 38 (2), pp. 202–211.
24. Mengist M.F., Alves S., Giffin D., Creedon J., McLaughlin M.J., Jones P.W., Milbourne D., Genetic mapping of quantitative trait loci for tuber-cadmium and zinc concentra- tion in potato reveals associations with maturity and both overlapping and independent components of genetic control, *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, Vol. 131 (4), pp. 929–945.
25. Sawicka B., Barbas P., Skiba D., Fluctuation of sodium, copper, zinc, iron and manganese in potato tubers in the organic and integrated production system, *Journal of Elementology*, 2016, Vol. 21 (2), pp. 539–547.
26. Azarenko Yu.A., The boron content in soils of solonetzic complexes in the Irtysh region of Omsk oblast and the boron resistance of plants, *Eurasian Soil Science*, 2007, T. 40, No. 5, pp. 512–521.
27. Korsakov N.N., *Mikroelementy i urozhay* (Micronutrients and crop), Kirov: Rhythm, 2004, 121 p.
28. Konyaev N.F., *Doklady VASKhNIL*, 1970, No. 9, pp. 43–46. (In Russ.)
29. Nichiporovich A.A., *Fotosinteticheskaya deyatel'nost» v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Photosynthetic activity in crops), Moscow: Selkhozgiz, 1961, pp. 231.
30. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 365 p.

ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ФЕНОФАЗ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Д. А. Колупаев, аспирант

О. Е. Якубенко, аспирантка

О. В. Паркина, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: kolupaevdenis@ngs.ru

Ключевые слова: фасоль обыкновенная, семена, вегетационный период, фенологическая фаза, сумма активных температур, количество осадков, корреляционные связи, сроки посева

Реферат. *Изучено влияние гидротермических условий на продолжительность фенофаз Phaseolus vulgaris L. зернового направления использования при разных сроках посева в условиях лесостепи Приобья. Исследования проводили на опытном поле учебно-производственного хозяйства «Сад мичуринцев» при Новосибирском государственном аграрном университете. В качестве объекта исследования использовали сорт Рубин и перспективный образец Красно-пестрая. Изучена структура вегетационного периода и проведена оценка образцов по продолжительности отдельных фенологических фаз. Установлено влияние гидротермических условий на изменение продолжительности межфазового периода «посев–всходы» при разных сроках посева (до 8 суток) и периодов «всходы–цветение» и «цветение–биологическая спелость» (до 4 суток). Проведен однофакторный дисперсионный анализ с доверительным интервалом 5%. Установлена оптимальная средняя сумма активных температур для прохождения основных фенологических фаз «посев–всходы», «всходы–цветение» и «цветение–биологическая спелость»: у Рубина – 244, 518 и 709°C, и Красно-пестрой – 241, 564 и 760°C соответственно. Выявлена тесная связь между продолжительностью вегетационного периода и среднесуточной температурой (–0,90), суммой температур (0,96), продолжительностью вегетационного периода и суммой осадков (0,90). Разница по осадкам вегетационных периодов при разных сроках посева незначительна и находится в пределах от 120 до 131 мм. По результатам проведенного исследования рекомендованный срок посева для основных групп спелости фасоли в условиях лесостепи Приобья – вторая половина мая.*

INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE DURATION OF THE PHENOPHASE OF COMMON BEANS AT DIFFERENT SOWING DATES IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE OB REGION

D. A. Kolupaev, PhD-student

O. E. Yakubenko, PhD-student

O. V. Parkina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: common beans, seeds, growing season, phenological phase, sum of active temperatures, amount of precipitation, correlations, sowing time.

Abstract. The influence of hydrothermal conditions on the duration of phaseolus vulgaris L. phenophases of the grain direction at different sowing dates in the forest-steppe conditions of the Ob region was studied. The research was carried out on the experimental field of the training and production farm «Sad Michurintsev» at the Novosibirsk State Agrarian University. The objects of the study were the Rubin variety and the promising variety Krasno-pestriy. The structure of the growing season was studied and the samples were assessed by the duration of individual phenological phases. The influence of hydrothermal conditions on the change in the duration of the «sowing-emergence» interphase period was established at different sowing periods (up to 8 days) and the «seedlings-flowering» and «flowering-biological ripeness» periods (up to 4 days). A one-way analysis of variance was carried out with a confidence interval of 5 %. The optimal average sum of active temperatures for the passage of the main phenological phases «sowing-germination», «seedling-flowering» and «flowering-biological ripeness» has been established: in Rubin it is 244, 518 and 709°C, and Krasno-pestriy is 241, 564 and 760°C, respectively. A relationship between the duration of the growing season and the average daily temperature (–0.90), the sum of temperatures (0.96), the duration of the growing season and the sum of precipitation (0.90) was revealed. The difference in precipitation of growing seasons at different sowing dates is insignificant and ranges from 120 to 131 mm. According to the results of the study, the recommended sowing time for the main groups of beans ripeness in the forest-steppe conditions of the Ob region is the second half of May.

Фасоль обыкновенная зернового направления – ценная высокобелковая культура. Уникальность химического состава семян фасоли, в частности обыкновенной, позволяет включить ее в группу стратегически важных сельскохозяйственных культур для обеспечения населения полноценным белком. В ней содержится в среднем 24,3 % белка, что в 1,5–2 раза больше, чем в зерне пшеницы, ржи, кукурузы. Зерно фасоли богато крахмалом (до 50 %), сахаром – до 4 % и жирами – до 36 %, а содержание минеральных веществ в нем значительно больше, чем в мясе: железа и фосфора – в 3 раза, калия – в 4, магния – в 10, кальция – почти в 20 раз. Помимо этого, семена фасоли содержат витамины – каротин, В₁, В₂, С и др. Сочетание полезных компонентов в зерне фасоли представляют собой особую ценность при употреблении в пищу. По калорийности (336 кал на 100 г сухих зерен) зерно фасоли превосходит такие продукты, как пшеничный хлеб (в 1,5 раза) и картофель (в 3,5 раза) [1, 2].

Немаловажным является и тот факт, что фасоль, как и любое бобовое растение, образует на своих корнях клубеньки с азотфиксирующими микроорганизмами. Фиксация атмосферного азота положительно влияет на его содержание в почве для последующих

культур. Повышение плодородия почвы ведет к снижению экологической нагрузки на нее и способствует получению экологически чистой продукции [3].

Скорость прохождения основных этапов органогенеза фасоли зерновой имеет важное значение в производстве для стабильного получения высококачественных семян. Ускоренное развитие растений в первую половину вегетации позволяет им завершить онтогенез при более высоких среднесуточных температурах и сформировать при этом высококачественный урожай, что является актуальным для Западной Сибири с её резко-континентальным климатом [4].

У фасоли обыкновенной выделяют 8 фенологических фаз и соответствующие им этапы органогенеза:

– *прорастание* (I этап органогенеза) – от набухания семян до появления первого листочка;

– *всходы* (II и III этапы) – появление на поверхности почвы семядольных листьев или первого настоящего листа;

– *стеблевание и ветвление стебля* (IV и V этапы) – образование боковых побегов на главном стебле;

– *бутонизация* (VII – VIII этапы) – в пазухах листьев на главном стебле и его разветвле-

ниях закладываются бутоны последовательно снизу вверх;

– *цветение* (IX этап) – отмечается, как и фаза бутонизации, по первым самым нижним цветкам и соцветиям;

– *образование бобов* (X этап) – идёт в том же порядке, что у бутонов, цветков и соцветий;

– *созревание* (XI этап) – побурение нижних бобов;

– *полная спелость* (XII этап) – созревание большинства бобов на растениях [5].

Наибольший практический интерес представляют фазы всходов, цветения и полной биологической спелости.

Целью работы является изучение влияния гидротермических условий на продолжительность фенологических фаз фасоли зерновой в условиях правобережной лесостепи Приобья (г. Новосибирск).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2019 г. на опытном поле УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ был заложен коллекционный питомник для проведения оценки образцов по структурным элементам продолжительности вегетационного периода. Селекционный участок расположен в черте г. Новосибирска на правом берегу р. Оби, в южной лесостепи Западно-Сибирской низменности. Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая на бескарбонатном тяжелом суглинке. Обеспеченность гумусом пахотного слоя – 4,5 %, реакция среды по pH около 6,3, обеспеченность нитратным азотом достаточно низкая (менее 10 мг/кг), фосфором – повышенная (до 13 мг/100 г), калием – средняя (около 6 мг/100 г).

Объект исследования – фасоль обыкновенная зернового направления с кустовым типом роста. Для исследования взяты районированный среднеспелый сорт Рубин [6] и перспективный селекционный образец Краснопестрая среднепоздней группы спелости. Для проведения дисперсионного анализа и сравнения сроков между собой в пределах образца

выбран третий срок посева (22 мая), именуемый далее сроком-стандартом.

На протяжении вегетационного периода проводили фенологические наблюдения, отмечая дату массового вступления растений в соответствующую фенофазу на каждой делянке [7].

Посев проводили вручную в четыре срока – с 8 по 29 мая с интервалом в неделю. Схема посева 70 х 30 х 6 см, глубина заделки семян около 4 см, норма высева 23 шт/м². Площадь делянки – 2,1 м². Повторность трехкратная. Рандомизация полная.

Данные обработаны по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $\alpha=0,05$; однофакторный дисперсионный анализ (HCP_{05}) проведен в программе пакета прикладной статистики SNEDEKOR 4.7 [8].

Сумма активных температур рассчитывалась как сумма среднесуточных температур выше 10°C, эффективных температур – как сумма среднесуточных температур выше 15°C за весь межфазовый период.

Весна 2019 г. характеризовалась незначительными отклонениями от среднеемноголетних значений. В первые декады мая наблюдался значительный дефицит осадков, около 2 мм. Третья декада мая значительно пополнила почвенный запас влаги: сумма осадков составила 41 мм. Июнь был прохладным и сухим: наблюдалось отклонение среднемесячной температуры воздуха на 0,6°C, осадков – на 53 %. Такие условия заметно повлияли на рост и развитие фасоли. Июль характеризовался избыточным увлажнением (161 %) и незначительным отрицательным отклонением среднемесячной температуры (на 0,2°C) от среднеемноголетнего значения. Первые две декады августа характеризовались повышенными среднесуточными температурами с отклонением на 2,6°C и 1,1°C соответственно на фоне дефицита осадков, равного 14 и 64 % от среднеемноголетнего значения соответственно, что способствовало быстрому переходу фасоли в фазу биологической спелости и дружному и быстрому созреванию бобов. В целом условия 2019 г., сложившиеся в период роста и развития фасоли обыкновенной,

а также наступления биологической спелости, были удовлетворительными [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2019 г. была исследована структура вегетационного периода по продолжительности основных фенологических фаз *Phaseolus vulgaris* L.: «посев – всходы», «всходы – цветение» и «цветение – биологическая спелость».

Период «посев – всходы». Дату начала посева определяли по данным метеостанции п. Огурцово, ориентируясь на влажность и температуру почвы на глубине 10 см и среднесуточную температуру воздуха. Согласно многочисленным исследованиям, оптимальная температура почвы должна

быть не менее 10 °С, а температура воздуха не менее 15 °С, чтобы обеспечить дружные всходы фасоли [10].

Крайне неблагоприятные гидротермические условия складывались для посевов первых двух сроков, что отразилось на скорости появления всходов. Оба образца первого срока посева имели продолжительность периода 23 сут вследствие низких среднесуточных температур воздуха и температуры почвы и крайне низкой влажности почвы (вся первая декада мая).

Продолжительность периода «посев – всходы» у сорта Рубин второго срока посева была на 2 сут меньше аналогичного срока у образца Красно-пестрая и составила 16 сут (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика периода «посев-всходы»
Characteristics of the «sowing-germination» period

Образец	Дата посева	Продолжительность периода, сут	Среднесуточная температура периода, °С	Сумма температур, °С			Сумма осадков, мм
				среднесуточных	активных	эффективных	
Рубин	08.05	23±5	12,6±0,1	296±77	286±77	15±37	34±27
	15.05	18±1	13,6±0,1	251±22	251±22	35±22	41±1
	22.05	14±3	14,6±0,3	209±45	209±45	82±45	22±30
	29.05	15±1	15,7±0,0	231±24	231±0	201±24	26±0
	НСР ₀₅	2,3	0,23	36,0	36,0	25,4	10,5
Красно-пестрая	08.05	23±0	12,6±0,0	291±0	281±0	0±0	39±0
	15.05	19±3	13,7±0,2	261±38	261±38	46±38	41±2
	22.05	14±3	14,6±0,2	204±39	204±39	77±39	38±5
	29.05	15±1	15,7±0,0	221±66	221±66	201±24	26±0
	НСР ₀₅	1,4	0,13	22,6	22,6	26,0	2,0

Медленное прораствание семян фасоли обыкновенной этого срока посева также объясняется недостаточным увлажнением и теплообеспеченностью.

Следует подчеркнуть, что вторая и третья декады мая имели среднесуточную температуру ниже среднемноголетних значений на 3,2 и 0,9°С соответственно.

Среднесуточная температура первой декады июня была ниже среднемноголетних значений на 0,4°С и характеризовалась недо-

статочным количеством осадков (менее половины от нормы).

В ходе исследования выявлены следующие корреляционные связи: продолжительности периода со среднесуточной температурой воздуха (0,9), продолжительности периода с суммой эффективных температур (–0,7) и с количеством осадков: Рубин – 0,6, Красно-пестрая – 0,5.

Основываясь на данных дисперсионного анализа, достоверно установлено, что посе-

вы первого срока имели большую продолжительность периода в отличие от третьего срока у сорта Рубин и образца Красно-пестрая.

Период «всходы – цветение» зависит, прежде всего, от генетических особенностей сорта и от гидротермических условий года. Период «всходы – цветение» вносит ощутимый вклад в продолжительность всей вегетации растений.

Продолжительность данного периода для первого срока посева у сорта Рубин составила около 30 сут, образца Красно-пестрая – до 33, второго срока посева – 30 и 34 сут соответ-

ственно. Разница между Рубином и Красно-пестрой по продолжительности данного периода у первого и второго срока составила 3 и 4 сут, сортовых различий не выявлено.

Продолжительность периода «всходы – цветение» у сорта Рубин и образца Красно-пестрая третьего и четвертого сроков посева составила 27–28 сут, что меньше продолжительности ранних сроков на 2–3 сут. Максимальная разница между сроками наблюдалась у образца Красно-пестрая, составившая 5 сут (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика периода «всходы–цветение»
Characteristics of the «seedling–flowering» period

Образец	Дата посева	Продолжительность периода, сут	Среднесуточная температура периода, °C	Сумма температур, °C			Сумма осадков, мм
				среднесуточных	активных	эффективных	
Рубин	08.05	30±1	17,0±0,7	517±38	517±38	502±65	31±2
	15.05	30±4	17,3±0,2	518±43	518±43	518±43	25±1
	22.05	28±5	17,5±0,1	497±63	518±43	518±43	21±5
	29.05	27±5	18,3±0,1	487±71	518±43	518±43	31±0
	НСР ₀₅	2,2	0,29	40,4	40,4	46,4	10,3
Красно-пестрая	08.05	33±0	17,1±0,0	566±0	566±0	566±0	26±0
	15.05	34±4	17,6±0,1	597±38	597±38	597±38	36±2
	22.05	32±4	17,7±0,5	566±57	566±57	566±57	29±12
	29.05	29±1	18,4±0,1	526±26	526±26	526±26	51±0
	НСР ₀₅	1,4	1,16	27,9	27,9	27,9	4,8

Длительность данного периода у образцов первого и второго сроков посева объясняется крайне неблагоприятными гидротермическими условиями [11, 12].

В ходе исследования выявлены корреляционные связи между продолжительностью и среднесуточной температурой ($-0,9$ у Рубина и $-0,8$ у Красно-пестрой), суммой активных температур ($r = 1$) и суммой осадков ($r = 0$ у Рубина и $r = -1$ у Красно-пестрой).

Продолжительность периода «всходы – цветение» достоверно меньше срока-стандарта только у образца Красно-пестрая четвертого срока посева – 29 сут. Для данного срока также характерно достоверное различие по суммам температур и значительное превышение по осадкам.

Период «цветение – биологическая спелость». Продолжительность этого периода существенную роль в формировании качественного посевного материала фасоли обыкновенной [13].

Образец Красно-пестрая имел продолжительность периода от 39 сут при втором сроке посева до 42 сут при четвертом.

Следует отметить, что при более позднем сроке посева затягивается прохождение периода «цветение – биологическая спелость» затягивается из-за недостаточно высоких среднесуточных температур.

Гидротермические условия периода первых трех сроков посева способствовали быстрому и дружному наливу и созреванию семян: высокая среднесуточная температура и небольшое количество осадков, что под-

тверждается исследованиями А. Rashidpour et al. [12].

Для Рубина и Красно-пестрой второго и третьего сроков посева понадобилось приблизительно одинаковая сумма активных

температур в отличие от первого и четвертого (табл. 3), когда наблюдались неблагоприятные гидротермические условия: для первого – в начале вегетации, для последнего – в конце.

Таблица 3

Характеристика периода «цветение – биологическая спелость»
Characteristics of the period «flowering – biological ripeness»

Образец	Дата посева	Продолжительность периода, сут	Среднесуточная температура периода, °C	Сумма температур, °C			Сумма осадков, мм
				среднесуточных	активных	эффективных	
Рубин	08.05	38±5	19,2±0,0	724±97	724±97	724±97	99±1
	15.05	37±5	19,2±0,1	704±94	704±94	704±94	99±1
	22.05	36±1	19,2±0,0	697±27	697±27	697±27	99±1
	29.05	38±6	18,8±0,2	709±101	709±101	709±101	100±42
	НСР ₀₅	3,6	0,11	64,9	64,9	64,9	16,1
Красно-пестрая	08.05	41±0	19,0±0,0	780±0	780±0	780±0	100±0
	15.05	39±3	18,9±0,1	738±42	738±42	738±42	94±0
	22.05	40±0	18,9±1,5	755±12	755±12	755±12	94±0
	29.05	42±3	18,4±0,0	767±51	767±51	767±51	79±0
	НСР ₀₅	1,4	0,15	25,5	25,5	25,5	5,7

В ходе исследования были установлены связи между продолжительностью периода и среднесуточной температурой (–0,5 у Рубина и –0,7 у Красно-пестрой), суммой температур (среднесуточных, активных и эффективных – 0,8) и суммой осадков (0,5 у Рубина и 0,6 у Красно-пестрой).

Продолжительность периода «цветение – биологическая спелость» достоверно больше была при четвертом сроке посева фасоли Красно-пестрой, а по набранным суммам температур у образца Красно-пестрая достоверное их превышение выявлено при первом сроке посева.

Продолжительность вегетационного периода. Продолжительность вегетационного периода возделываемого сорта должна соответствовать условиям произрастания. Для этого необходимо знать биологические особенности конкретного сорта и его реакцию на различные гидротермические режимы [14].

Максимальная продолжительность вегетационного периода отмечена при первом сроке посева сорта Рубин – 68 сут с суммой

активных температур 1241°C; у образца Красно-пестрая – 74 сут с суммой активных температур 1346°C. Наименьшая продолжительность вегетационного периода отмечена при посеве в поздний срок: у сорта Рубин 64 сут с суммой активных температур 1196°C, у образца Красно-пестрая – 71 сут с суммой активных температур 1305°C. Максимальная разница по срокам в продолжительности вегетации у сорта Рубин составила 4 сут, что на 1 сут больше, чем у Красно-пестрой.

Необходимая сумма активных температур у сорта Рубин варьировала от 1190 до 1241°C в зависимости от срока посева. Минимальные значения сумм активных температур отмечены для третьего и четвертого сроков у обоих образцов. Минимальные значения суммы активных температур у Красно-пестрой были выше на 111°C, а максимальные – на 105°C выше, чем у сорта Рубин (табл. 4).

Распределение осадков имело схожую картину с набранными суммами активных

Таблица 4

Характеристика продолжительности вегетационного периода фасоли обыкновенной
Characteristics of the duration of the growing season of common beans

Образец	Дата посева	Продолжительность периода, сут	Среднесуточная температура периода, °С	Сумма температур, °С			Сумма осадков, мм
				среднесуточных	активных	эффективных	
Рубин	08.05	68±4	18,2±0,1	1241±62	1241±62	1231±20	131±27
	15.05	67±5	18,3±0,1	1222±90	1222±90	1222±90	124±2
	22.05	65±3	18,5±0,1	1194±45	1194±45	1194±45	121±5
	29.05	64±4	18,6±0,0	1196±64	1196±64	1196±64	120±0
	НСР ₀₅	3,1	0,13	51,1	51,1	46,0	11,1
Красно-пестрая	08.05	74±0	18,2±0,0	1346±0	1346±0	1346±0	126±0
	15.05	73±1	18,3±0,0	1335±4	1335±4	1335±4	124±0
	22.05	72±3	18,3±0,0	1321±45	1321±45	1321±45	123±9
	29.05	71±3	18,4±0,0	1305±40	1305±40	1305±40	129±0
	НСР ₀₅	1,3	0,01	22,9	22,9	22,9	3,4

температур, исключение составил только четвертый срок посева фасоли Красно-пестрой. Осадки варьировали по образцам и срокам от 120 до 131 мм.

Выявлены тесные связи между продолжительностью вегетационного периода и среднесуточной температурой (–0,9), суммой температур (0,96), суммой осадков и продолжительностью вегетационного периода (0,9).

Установлено, что период вегетации у исследуемых образцов первого срока посева был достоверно больше, чем при третьем сроке. По сумме активных температур первый срок посева Красно-пестрой фасоли достоверно превышал третий.

В процессе исследования структуры вегетационного периода достоверных различий в наступлении фенологических фаз по повторениям не выявлено.

В качестве рекомендуемого срока посева для фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья принята третья декада мая [15]. Основываясь на результатах проведенного исследования, помимо оптимального срока посева (22÷25 мая) можно рекомендовать для гарантированного получения дружных всходов вторую половину мая.

Исследование проводилось в условиях одного года, который контрастно отличался от среднееголетних значений, что позволяет установить влияние экологических условий на развитие культуры за один год в пределах разных сроков посева.

ВЫВОДЫ

1. Низкая положительная температура и избыточная влажность замедляют появление всходов от 14 до 23 сут, обуславливая в дальнейшем позднее наступление периода налива и созревания семян.

2. Повышенные среднесуточные температуры в период активного роста и развития растений способствуют более быстрому прохождению фенологических фаз при более поздних сроках посева.

3. Установлена необходимая сумма активных температур для созревания фасоли: у сорта Рубин – не менее 1196°С, у Красно-пестрой – не менее 1305°С.

4. Гидротермические условия, сложившиеся в период вегетации, позволяют успешно возделывать фасоль обыкновенную средне-спелых и среднепоздних сортов зернового использования при различных сроках посева.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Технология* выращивания фасоли [Электронный ресурс] / Государственное бюджетное учреждение Краснодарского края Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр. – Краснодар, 2015. – 16 с. – Режим доступа: <http://www.kaicc.ru/sites/default/files/fasol.pdf>, свободный (дата обращения: 08.01.2020).
2. *Семеноведение* зернобобовых культур: учеб. пособие для подготовки бакалавров по направлению 35.03.04 «Агрономия» / В. И. Зотиков, Н. Е. Павловская, А. И. Ерохин [и др.]. – Орел: Каргуш, 2016. – 182 с.
3. *Овощные* бобовые культуры (горох, фасоль, бобы) / С. В. Булынец, М. В. Петрова, В. П. Сердюк [и др.]. – СПб.: ВИР, 1993. – С. 27–33.
4. *Паркина О. В., Акушкина А. В.* Влияние гидротермических условий на продуктивность сортов фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья // Вестник НГАУ. – 2015. – № 1 (34). – С. 47–51.
5. *Гортлевский А. А., Макеев В. А.* Высокобелковые культуры (соя, горох, люпин, рапс): новое в жизни, науке, технике. – М.: Знание, 1984. – 64 с.
6. *Фасоль Рубин* [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур. – Режим доступа: <https://vniizbk.ru/ru/progress/varieties/8-common-bean/40-rubin.html>, свободный (дата обращения: 23.08.2020).
7. *Методические* указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / сост.: Н. И. Корсаков, О. П. Адамова, В. И. Буданова [и др.]: ВАСХНИЛ, Всесоюз. НИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. – Л., 1975. – 59 с.
8. *Сорокин О. Д.* Прикладная статистика на компьютере: учеб. пособие. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
9. *Архив* погоды в Огурцово [Электронный ресурс] // Расписание погоды. – Режим доступа: https://rp5.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9E%D0%B3%D1%83%D1%80%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE, свободный (дата обращения: 03.08.2020).
10. *Стрижова Ф. М., Царева Л. Е., Титов Ю. Н.* Растениеводство: учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – С. 111–113.
11. *Бадина Г. В.* Возделывание бобовых культур и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 242 с.
12. *Rashidpour A., Dabbagh Mohammadi-Nasab A., Shakiba M. R., Amini R.* Response of some morphophysiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to water deficit [Электронный ресурс] // Biological Forum – An International Journal. – 2015. – N 7 (1). – P. 269–275. – Режим доступа: <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/42%20A.%20RASHIDPOUR.pdf>, свободный (дата обращения: 29.09.2020).
13. *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding*/ edit by Henry T. Nguyen, Abraham Blum. – New York: Marcel Dekker, 2004. – P. 300–303.
14. *Anthony E. Hall.* Comparative Ecophysiology of Cowpea, Common Bean, and Peanut [Электронный ресурс]. – Publishing a book “Sahelian Droughts A Partial Agronomic Solution”, 2004. – P. 271–280. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/264868871_Comparative_Ecophysiology_of_Cowpea_Common_Bean_and_Peanut/citation/download, свободный (дата обращения: 30.09.2020).
15. *Якубенко О. Е., Паркина О. В.* Аспекты технологии выращивания фасоли овощной на семена // Теория и практика современной аграрной науки: сб. нац. (всерос.) науч. конф. (г. Новосибирск, 26 февр. 2019 г.). – Новосибирск, ИЦ “Золотой колос”, 2019. – С. 140–142.

REFERENCES

1. *Tekhnologiya vyrashchivaniya fasoli* (Bean growing technology), 2015, 16 p., available at: <http://www.kaicc.ru/sites/default/files/fasol.pdf>.
2. Zotikov V.I., Pavlovskaya N. Ye., Yerokhin A.I. i dr., *Semenovedeniye zernobobovykh kul'tur* (Seed science of leguminous crops), Orel: Kartush, 2016, 182 p.
3. Bulyntsev S.V., Petrova M.V., Serdyuk V.P. i dr., *Ovoshchnyye bobovyye kul'tury (gorokh, fasol', boby)* (Vegetable legumes (peas, beans, fava beans)), St. Petersburg, 1993, pp. 27–33.
4. Parkina O.V., Akushkina A.V., *Vestnik NSAU*, 2015, No. 1 (34), pp. 47–51. (In Russ.)
5. Gortlevsky A.A., Makeev V.A., *Vysokobelkovyye kul'tury (soya, gorokh, lyupin, raps)* (High-protein crops (soybeans, peas, lupine, colza)), Moscow: Znaniye, 1984, 64 p.
6. <https://vniizbk.ru/ru/progress/varieties/8-common-bean/40-rubin.html> (accessed: 23.08.2020).
7. *Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu kolleksii zernovykh bobovykh kul'tur* (Methodical instructions for studying the collection of grain legumes), Leningrad, 1975, 59 p.
8. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk, 2009, 222 p.
9. *Arkhiv pogody v Ogurtsovo* (Raspisaniye pogody), available at: https://rp5.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%9E%D0%B3%D1%83%D1%80%D1%86%D0%BE%D0%B2%D0%BE.
10. Strizhova F.M., Tsareva L. Ye., Titov Yu.N., *Rasteniyevodstvo* (Plant growing), Barnaul: AGAU, 2008, pp. 111–113.
11. Badina G.V., *Vozdelyvaniye bobovykh kul'tur i pogoda* (Legume cultivation and weather), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974, 242 p.
12. Rashidpour A., Dabbagh Mohammadi-Nasab A., Shakiba M.R., Amini R., Response of some morphophysiological traits of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars to water deficit, *Biological Forum – An International Journal*, 2015, No. 7 (1), pp. 269–275, available at: <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/42%20A.%20RASHIDPOUR.pdf>.
13. *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding*, edit by Henry T. Nguyen, Abraham Blum, New York: Marcel Dekker, 2004, pp. 300–303.
14. Anthony E. Hall., *Comparative Ecophysiology of Cowpea, Common Bean, and Peanut*, Publishing a book “*Sahelian Droughts A Partial Agronomic Solution*”, 2004, pp. 271–280, available at: https://www.researchgate.net/publication/264868871_Comparative_Ecophysiology_of_Cowpea_Common_Bean_and_Peanut/citation/download.
15. Yakubenko O. Ye., Parkina O.V. *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk: Zolotoy kolos, 2019, pp. 140–142. (In Russ.)

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ
НА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА ROSACEA
В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ**

Т. В. Кузьмина, аспирант

Е. Ю. Торопова, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

E-mail: nagornykh.t@mail.ru

Ключевые слова: семейство Rosaceae, древесное энтомофильное растение, период цветения, насекомое, энтомофаг, энтомокомплекс, коэффициент общности

Реферат. Цель исследования состояла в определении влияния видов растений и условий года на биологическое разнообразие и численность насекомых – обитателей яруса кроны древесных растений семейства Rosaceae в условиях северной лесостепи Приобья. Исследования проводили в 2017–2018 гг. в период цветения древесных энтомофильных растений, сборы насекомых производили методом кошения энтомологическим сачком в кронах и подкроновом пространстве (25 взмахов в четырехкратной повторности). В кроне древесных растений-интродуцентов *Pyrus ussuriensis* (груша уссурийская), *Prunus taaskii* (слива Маака), *Amelanchier alnifolia* (ирга ольхолистная), *Spiraea betulifolia* (спирея березолистная), *Physocarpus opulifolius* (пузыреплодник калинолистный), произрастающих на территории дендрария Центрального сибирского ботанического сада СО РАН в северной лесостепи Приобья, в общей сложности было обнаружено 2597 экземпляров насекомых из 7 отрядов и более 30 семейств. Наибольшее количество насекомых принадлежало отряду двукрылые (Diptera) – 49,4 %, значительный вклад в формирование энтомофауны внесли представители отрядов трипсы (Thysanoptera) – 23,7 % и перепончатокрылые (Hymenoptera) – 11,4 %. Энтомофауна разных видов древесных растений из семейства Rosaceae отличалась таксономическими группами насекомых и их численностью. Высокая степень сходства энтомофауны (коэффициент Жаккара 0,75) была обнаружена между *Amelanchier alnifolia* и *Pyrus ussuriensis* со сходными периодами цветения. Низкая степень сходства обнаружена между *Amelanchier alnifolia* и *Spiraea betulifolia* (0,32) и между *Pyrus ussuriensis* и *Physocarpus opulifolius* (0,33). На биологическое разнообразие и численность энтомокомплексов наибольшее влияние оказал вид растения (38,1 и 26,1 % соответственно), что свидетельствует об адаптации насекомых к древесному растению семейства Rosaceae. Условия года достоверно (на 9,8 %) влияли на биологическое разнообразие насекомых в период цветения.

BIOLOGICAL DIVERSITY OF INSECTS ON WOODY PLANTS OF THE ROSACEA FAMILY IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE OB REGION**T. V. Kuzmina**, PhD-student**E. Iu. Toropova**, Doctor of Biological Sciences, Professor**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Key words: family Rosaceae, woody entomophilous plant, flowering period, insect, entomophage, entomocomplex, common coefficient.

Abstract. *The aim of the study was to determine the influence of plant species and year conditions on the biological diversity and number of insects – inhabitants of the crown layer of woody plants of the Rosaceae family in the conditions of the northern forest-steppe of the Ob region. The research was carried out in 2017–2018. During the flowering period of woody entomophilous plants, insects were collected by mowing with an entomological net in the crowns and undercrown space (25 strokes in four repetitions). In the crown of woody introduced plants *Pyrus ussuriensis* (Ussuri pear), *Prunus maackii* (Maack plum), *Amelanchier alnifolia* (alder irga), *Spiraea betulifolia* (spiraea birch leaf), *Physocarpus opulifolius* growing on the territory of arboretum of RAS in the northern forest-steppe of the Ob region, a total of 2597 insect specimens from 7 orders and more than 30 families were found. The largest number of insects belonged to the order Diptera (49.4%). Representatives of the orders Thysanoptera (23.7%) and Hymenoptera (11.4%) made a significant contribution to the formation of the entomofauna. The entomofauna of different species of woody plants from the Rosaceae family differed in the taxonomic groups of insects and their numbers. A high degree of entomofauna similarity (Jaccard coefficient is 0.75) was found between *Amelanchier alnifolia* and *Pyrus ussuriensis* with similar flowering periods. A low degree of similarity was found between *Amelanchier alnifolia* and *Spiraea betulifolia* (0.32) and between *Pyrus ussuriensis* and *Physocarpus opulifolius* (0.33). The species of the plant (38.1 and 26.1 %, respectively) had the greatest influence on the biological diversity and the number of entomocomplexes, which indicates the adaptation of insects to a woody plant of the Rosaceae family. The conditions of the year significantly (by 9.8%) influenced the biological diversity of insects during the flowering period.*

Хозяйственная деятельность человека приводит к трансформации природных и антропогенных экосистем, последствием которой является снижение биологического разнообразия живых организмов [1, 2]. Одним из важных компонентов экосистем, подверженных антропогенному прессу, являются насекомые. Они выступают индикаторами экологических изменений, являются незаменимым звеном пищевых цепей, им принадлежит ведущая роль в опылении растений. Изменение биологического разнообразия насекомых может привести к функциональной трансформации других групп живых организмов [2].

Одним из способов управления биологическим разнообразием насекомых и стабилизации экологической обстановки в антропогенных ландшафтах является создание и со-

хранение зеленых насаждений разного функционального значения. Именно в зеленых насаждениях насекомые находят благоприятные места для размножения, личиночного развития, зимовки, формирования новых трофических связей, реализуя фундаментальные экологические ниши [3–5].

Особую роль в сообществах играют полезные насекомые-энтомофаги, биологическое разнообразие которых необходимо для сдерживания фитофагов различных таксономических групп, независимо от пространственного распределения питающих растений. Разнообразие пищевого поведения энтомофагов на разных этапах их развития, от личинки до имаго, обеспечивает оптимизацию механизмов естественной регуляции биоценозов [6]. Активировать деятельность

и повысить ресурсный потенциал полезных насекомых можно с помощью энтомофильных обильно и продолжительно цветущих древесных растений [7–9], генеративные органы которых могут использоваться как дополнительный пищевой ресурс [10].

В северной лесостепи Приобья в связи с ограниченным ассортиментом аборигенных цветущих деревьев и кустарников весьма перспективными для введения в декоративные и лесозащитные посадки являются древесные растения-интродуценты из семейства Rosaceae, которые характеризуются устойчивостью к неблагоприятным факторам среды [11–12]. В новых ареалах произрастания растения-интродуценты освобождаются от естественных врагов [13], входят в состав экологических ниш видов местной энтомофауны [14] и привлекают большее количество насекомых-опылителей [15]. Ведение в агроценозы обильно цветущей растительности позволяет направленно воздействовать на количественный и качественный состав энтомофауны, создавать необходимую цикличность сезонных и многолетних миграций, привлекать и направлять потоки энтомофагов к местам скопления вредных организмов, а также создавать резервации полезной биоты для защиты культурных растений [16].

Консортные связи между насекомыми и древесными растениями-интродуцентами семейства Rosaceae в северной лесостепи Приобья изучены недостаточно, не установлено влияние древесных видов и гидротермических факторов на численность и биологическое разнообразие энтомокомплексов.

Цель исследования – определить влияние видов растений и условий года на биологическое разнообразие насекомых – обитателей яруса кроны древесных растений семейства Rosaceae в условиях северной лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2017–2018 гг. в северной лесостепи Приобья. Объектами служили сборы насекомых с декоративных древесных растений-интродуцентов семей-

ства Rosaceae, произрастающих на территории дендрария ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (ЦСБС).

Для исследований были выбраны пять древесных растений семейства Rosaceae с разной жизненной формой (дерево или кустарник) [12], которые характеризуются последовательным, обильным, продолжительным и открытым типом цветения, т.е. являются энтомофильными породами: *Pyrus ussuriensis* Maxim. (груша уссурийская), *Amelanchier alnifolia* Nutt. (ирга ольхолистная), *Prunus maackii* Rupr. (слива Маака), *Spiraea betulifolia* Pall. (спирея березолистная), *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim (пузыреплодник калинолистный).

Сбор материала осуществляли в период цветения растений с использованием метода кошения энтомологическим сачком в кронах и подкроновом пространстве (25 взмахов в четырехкратной повторности) [17–19]. Энтомологические учеты дополняли фенологическими наблюдениями за древесными растениями [20]. Наблюдения проводили в период вегетации с акцентом на период цветения – фиксировали начало цветения, массовое цветение и конец цветения.

Погодные условия вегетации в годы исследований существенно различались: 2017 г. был более влажным (ГТК=1,3), чем 2018 г. (ГТК=1). Вегетационный период 2017 г. был достаточно теплым: среднемесячная температура мая и июня была выше среднемноголетних показателей. Июль был холоднее нормы, а температура августа и сентября была близка к норме. По количеству выпавших осадков наиболее засушливый месяц – май, наиболее влажный – июль. Сумма осадков в июне, августе и сентябре была близка к среднемноголетним данным.

Вегетационный период 2018 г. отличался от среднемноголетних значений по температурным условиям. Среднемесячная температура мая была ниже нормы на 4°C, а осадков выпало в 2 раза больше среднемноголетних данных. Среднемесячная температура июня была выше нормы на 2,2°C, а увлажненность превышала норму в 1,5 раза. В июле темпера-

тура и количество осадков были близки к норме. С середины августа до середины сентября температура постепенно понижалась. Сумма осадков в сентябре была близка к норме, а в августе была ниже в 2 раза.

Для количественной оценки биологического разнообразия энтомокомплексов рассчитывали коэффициенты Жаккара [21]. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного анализа с использованием пакетов программ SNEDECOR и STATISTICA 6.0 для Windows [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2017–2018 гг. фенологические ритмы изучаемых древесных растений в целом соответствовали вегетационному периоду местных видов Новосибирской области. В результате фенологических наблюдений было установлено, что сроки цветения растений под влиянием погодных условий сдвигались (табл. 1).

Так, в 2018 г. цветение *Pyrus ussuriensis* и *Prunus maackii* началось на 16 дней позже,

Таблица 1

Фенологическая характеристика древесных растений семейства Rosaceae в годы исследований
Phenological characteristics of woody plants of the Rosaceae family during the years of research

Вид	Начало цветения		Массовое цветение		Конец цветения	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
<i>Pyrus ussuriensis</i>	12.05	28.05	19.05	07.06	24.05	12.06
<i>Prunus maackii</i>	19.05	05.06	24.05	09.06	26.05	15.06
<i>Amelanchier alnifolia</i>	21.05	03.06	26.05	08.06	02.06	11.06
<i>Spiraea betulifolia</i>	15.06	24.06	19.06	29.06	21.06	02.07
<i>Physocarpus opulifolius</i>	19.06	27.06	21.06	29.06	23.06	02.07

чем в 2017 г., но было более продолжительным. Цветение *Amelanchier alnifolia* началось на 12 дней позже и продолжалось на 3 дня меньше, чем в 2017 г. Такой феноритм цветущих весной декоративных древесных растений мог быть вызван пониженными температурами и обильными осадками мая в 2018 г.

Низкая среднемесячная температура мая и обильные осадки оказали влияние и на цветение *Spiraea betulifolia* и *Physocarpus opulifolius*. Несмотря на то, что температура июня и количество осадков были выше среднемультилетних, цветение кустарников началось на 8 дней позже, чем в 2017 г. На продолжительность цветения указанных видов различия погодных условий лет исследований не оказали заметного влияния, она была примерно равной.

Сборы насекомых с 5 видов древесных растений показали, что за 2 года исследований в общей сложности было собрано 2597 экземпляров из 7 отрядов и более 30 семейств. Наибольшее количество насекомых принадлежало к отряду Diptera (1284 экземпляров),

за ним в порядке убывания располагались отряды Thysanoptera (615), Hymenoptera (297), Hemiptera (237), Coleoptera (100), Lepidoptera (54), Neuroptera (10). Экологический анализ полученных данных показал, что энтомофауна древесных растений семейства Rosaceae состояла из насекомых с разной трофической специализацией – фитофагов, энтомофагов, опылителей.

Среди фитофагов выявлены семейства Aphididae, Cicadellidae, Psyllidae, Acanthosomatidae, Tingidae отряда Hemiptera; отряд Thysanoptera; семейства Anthribidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Mordellidae, Nitidulidae, Scarabaeidae отряда Coleoptera; семейство Pieridae отряда Lepidoptera; семейства Anthomyiidae, Cecidomyiidae, Empididae, Mycetophilidae отряда Diptera.

Энтомофаги были представлены паразитоидами отряда Hymenoptera и хищниками семейства Anthocoridae отряда Hemiptera, семействами Cantharidae, Coccinellidae отряда Coleoptera; семействами Chrysopidae,

Hemerobiidae отряда Neuroptera; семействами Syrphidae и Tachinidae отряда Diptera. Были обнаружены также насекомые-опылители из семейства Apidae отряда Hymenoptera.

Насекомые-фитофаги семейства Aphididae отряда Hemiptera, отряда Thysanoptera и семейства Cecidomyiidae, Mycetophilidae отряда Diptera входили в состав энтомофауны крон 4 из 5 видов растений семейства Rosaceae, а представители семейства Cicadellidae отряда Hemiptera, Curculionidae отряда Coleoptera и отряда Lepidoptera – 3 видов растений. Фитофаги из остальных семейств были приурочены к цветению одного или двух видов древесных растений.

В энтомокомплексе трех видов древесных растений семейства Rosaceae присутствовали паразитоиды семейства Ichneumonoidea отряда Hymenoptera, хищники семейства Coccinellidae отряда Coleoptera, Chrysopidae отряда Neuroptera, семейств Tachinidae и Syrphidae отряда Diptera. В энтомокомплексах всех 5 растений присутствовал черный садовый муравей *Lasius niger* L., реже встречались другие муравьи – *Formica fusca* L., *Formica cunicularia* L., *Formica pratensis* R. (Hymenoptera: Formicidae). Среди сирфид наиболее часто встречался вид *Volucella pellucens* L.

В ходе исследования было выявлено, что энтомокомплексы видов древесных растений семейства Rosaceae в годы исследования различались между собой по таксономическим группам и численности насекомых (табл. 2).

Так в 2017–2018 гг. в период цветения *Pyrus ussuriensis* было собрано одинаковое число таксономических групп насекомых – 11, из которых 5 были одинаковыми, остальные отличались. В 2017 г. в энтомокомплексе присутствовало одно семейство из отряда Hemiptera, тогда как в 2018 г. количество семейств данного отряда увеличилось в 3 раза, а число таксономических групп отряда Coleoptera в 2018 г. уменьшилось в 2 раза. В 2018 г. в энтомокомплексе было обнаружено также семейство Chrysopidae отряда Neuroptera, а представители семейства

Syrphidae отряда Diptera в сборе отсутствовали.

За время цветения *Amelanchier alnifolia* в оба года исследований было собрано одинаковое число таксономических групп – 9, из которых 4 семейства присутствовали в обоих сборах. В 2018 г. число семейств отряда Coleoptera увеличилось в 2 раза, тогда как семейств отряда Neuroptera и семейств Syrphidae и Tachinidae отряда Diptera обнаружено не было.

Состав энтомокомплексов в период цветения *Prunus maackii* существенно отличался по годам, в 2018 г. биологическое разнообразие семейств было в 1,43 раза выше, чем в предыдущем году. При анализе сборов было обнаружено 3 общих семейства, также выявлено, что в 2018 г. число семейств отряда Hemiptera было в 3 раза меньше, чем в 2017 г., однако присутствовали семейства Chrysopidae отряда Neuroptera и семейство Apidae отряда Hymenoptera.

Цветение *Spiraea betulifolia* в 2018 г. привлекло на 2 таксономические группы больше, чем в 2017 г., т. е. биологическое разнообразие семейств возросло в 1,2 раза. В сборах было обнаружено 6 общих семейств. Энтомокомплекс в 2018 г. отличался от предыдущего 6 семействами, такими как Psyllidae, Miridae отряда Hemiptera; Mordellidae и Nitidulidae отряда Coleoptera; Cecidomyiidae и Mycetophilidae отряда Diptera.

В период цветения *Physocarpus opulifolius* в 2017 г. было собрано 11 таксономических групп, а в 2018 г. на 8 семейств больше, т. е. биологическое разнообразие возросло по числу семейств насекомых в 1,73 раза. При анализе сборов было обнаружено, что в энтомокомплексах двух лет были представлены 11 одинаковых семейств. В сборе за 2018 г. не было обнаружено семейства Ichneumonoidea отряда Hymenoptera, но вновь появились 8 семейств отряда Diptera.

Из 5 видов древесных растений-интродуцентов семейства Rosaceae наибольшее число таксономических групп было обнаружено в период цветения *Physocarpus opulifolius*, наименьшее – *Prunus maackii*.

Таблица 2

Таксономические группы насекомых в период цветения древесных растений семейства Rosaceae
Taxonomic groups of insects during the flowering period of woody plants of the Rosaceae family

Отряд	Семейство	<i>Pyrus ussuriensis</i> (Maxim.)		<i>Amelanchier alnifolia</i> (Nutt.)		<i>Prunus maackii</i> (Rupr.)		<i>Spiraea betulifolia</i> (Pall.)		<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim.	
		2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
Hemiptera	Aphididae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Cicadellidae	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
	Psyllidae	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Acanthosomatidae	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
	Anthocoridae	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Thysanoptera	Miridae	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
	Tingidae	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	Различные семейства	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Anthribidae	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cantharidae	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Coleoptera	Cerambycidae	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	Chrysomelidae	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	Coccinellidae	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
	Curculionidae	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-
	Mordellidae	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Neuroptera	Nitidulidae	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+
	Scarabaeidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Chrysopidae	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-
	Hemerobiidae	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pieridae	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Lepidoptera	Apidae	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	Ichneumonidae	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-
	Formicidae	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	Anthomyiidae	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+
	Cecidomyiidae	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Diptera	Calliphoridae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Chironomidae	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+
	Empididae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Mycetophilidae	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
	Syrphidae	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+
Всего	Tachinidae	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+
		11	11	9	9	7	10	9	11	11	19

Количественная оценка общности таксономического состава насекомых (коэффициент Жаккара) показала высокую степень сходства энтомофауны кроны *Amelanchier alnifolia* и *Pyrus ussuriensis* (рисунок), что можно объяснить сходными сроками цветения.

Низкая степень сходства была обнаружена между таксономическими составами насекомых в кронах *Amelanchier alnifolia* и *Spiraea betulifolia*, а также *Pyrus ussuriensis* и *Physocarpus opulifolius*, что может быть связано с отдаленными сроками цветения.

<i>Pu</i>	0,33	0,42	0,75	0,5	-
<i>Pm</i>	0,46	0,41	0,5	-	-
<i>Aa</i>	0,39	0,32	-	-	-
<i>Sb</i>	0,46	-	-	-	-
<i>Po</i>	-	-	-	-	-
	<i>Po</i>	<i>Sb</i>	<i>Aa</i>	<i>Pm</i>	<i>Pu</i>

0,1-0,2	
0,2-0,3	
0,3-0,4	
0,4-0,5	

Коэффициент общности таксономического состава насекомых древесных растений семейства Rosaceae: ***Pu*** – *Pyrus ussuriensis*, ***Aa*** – *Amelanchier alnifolia*, ***Pm*** – *Prunus maackii*, ***Sb*** – *Spiraea betulifolia*, ***Po*** – *Physocarpus opulifolius*

Coefficient of common taxonomic composition of insects of woody plants of the Rosaceae family: ***Pu*** – *Pyrus ussuriensis*, ***Aa*** – *Amelanchier alnifolia*, ***Pm*** – *Prunus maackii*, ***Sb*** – *Spiraea betulifolia*, ***Po*** – *Physocarpus opulifolius*

Энтомофауна видов древесных растений семейства Rosaceae отличалась таксономическим составом в годы исследований и по фазам цветения (табл. 3).

В 2017 г. в фазу начала цветения энтомофауна всех древесных растений состояла приблизительно из равного числа таксономических групп. В фазу массового цветения наибольшее количество таксономических групп было обнаружено в сборе с *Physocarpus opulifolius*, так же как и в конце цветения.

В 2018 г. по сравнению с 2017 г. в фазу начала цветения количество таксономических групп энтомофауны *Prunus maackii* и *Spiraea betulifolia* увеличилось почти в 1,3 раза,

у *Physocarpus opulifolius* – в 2,2 раза, при этом энтомофауна *Pyrus ussuriensis* и *Amelanchier alnifolia* уменьшилась в 2 раза.

В период массового цветения таксономических групп стало больше в энтомофауне всех 5 видов древесных растений, но наибольшим биологическим разнообразием отличался сбор с *Physocarpus opulifolius*.

Доля влияния фактора «условия года», по данным многофакторного дисперсионного анализа, на биологическое разнообразие насекомых составила 9,8%, а вида растения на тот же показатель – 38,1%. Это свидетельствует о том, что число семейств насекомых, составляющих энтомокомплексы древесных

Таблица 3

Число таксономических групп насекомых по фазам цветения древесных растений семейства Rosaceae
Number of taxonomic groups of insects by flowering phases of woody plants of the Rosaceae family

Вид	Начало цветения		Массовое цветение		Конец цветения	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
<i>Pyrus ussuriensis</i>	5	3	3	6	6	8
<i>Prunus maackii</i>	5	6	3	7	1	3
<i>Amelanchier alnifolia</i>	6	3	1	6	5	5
<i>Spiraea betulifolia</i>	6	8	6	6	3	3
<i>Physocarpus opulifolius</i>	6	13	8	11	9	8

растений, относительно стабильно при изменении погодных условий вегетации, и насекомые имеют тесные экологические связи с определенными видами древесных растений семейства Rosaceae.

Энтомофауна видов древесных растений семейства Rosaceae в годы исследований от-

личалась по обилию насекомых по фазам цветения (табл. 4).

Так в 2017 г. в начальной фазе цветения наибольшее количество насекомых было обнаружено в энтомокомплексе *Spiraea betulifolia*. В период массового цветения больше всего насекомых было собрано с цветков

Таблица 4

Количество насекомых, собранных в разные фазы цветения древесных растений семейства Rosaceae
Number of insects collected at different flowering phases of woody plants of the Rosaceae family

Вид	Начало цветения		Массовое цветение		Конец цветения	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
<i>Pyrus ussuriensis</i>	19	11	19	30	26	39
<i>Prunus maackii</i>	17	18	14	34	3	26
<i>Amelanchier alnifolia</i>	54	21	125	47	26	23
<i>Spiraea betulifolia</i>	138	42	80	69	54	124
<i>Physocarpus opulifolius</i>	85	716	376	212	94	98

Physocarpus opulifolius, по сравнению с предыдущей фенофазой их количество увеличилось в 4,5 раза. В конце цветения энтомокомплекс *Physocarpus opulifolius* также состоял из большего числа насекомых.

В 2018 г. наибольшее количество насекомых принадлежало энтомокомплексу *Physocarpus opulifolius*. В начале цветения по сравнению с 2017 г. количество насекомых увеличилось в 8,4 раза, а в период массового цветения уменьшилось в 1,8 раза. В фазу конца цветения наибольшее количество насекомых принадлежало энтомокомплексу *Spiraea betulifolia*, который увеличился по сравнению с энтомокомплексом *Physocarpus opulifolius* на 26 экземпляров, а по сравнению с 2017 г. – в 2,3 раза.

Доля влияния фактора «вид растения», по данным многофакторного дисперсионного анализа, составила 26,1 %, что свидетельствует о приуроченности обилия насекомых к определенному виду древесных растений семейства Rosaceae.

ВЫВОДЫ

1. В период цветения древесных растений-интродуцентов *Pyrus ussuriensis*, *Prunus maackii*, *Amelanchier alnifolia*, *Spiraea betulifolia*, *Physocarpus opulifolius*, произрастающих на территории дендрария ЦСБС,

было обнаружено в общей сложности 2597 экземпляров насекомых из 7 отрядов и более 30 семейств. Наибольшим количеством насекомых отличался отряд двукрылые (Diptera), значительный вклад в формирование энтомофауны внесли представители отрядов Thysanoptera и Hymenoptera.

2. Энтомофауна древесных растений из семейства Rosaceae отличалась таксономическими группами и их количеством. Высокая степень сходства энтомофауны (коэффициент Жаккара 0,75) была обнаружена между *Amelanchier alnifolia* и *Pyrus ussuriensis* со сходными периодами цветения. Низкая степень сходства обнаружена между *Amelanchier alnifolia* и *Spiraea betulifolia* (0,32) и между *Pyrus ussuriensis* и *Physocarpus opulifolius* (0,33).

3. На биологическое разнообразие и численность энтомокомплексов наибольшее влияние оказал вид растения, что свидетельствует об адаптации насекомых к конкретному древесному растению семейства Rosaceae. Условия года достоверно влияли на биологическое разнообразие насекомых в период цветения.

Авторы благодарны за профессиональную помощь в определении насекомых д-ру биол. наук А.В. Баркалову и д-ру биол. наук Т.А. Новгородовой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Martínez-Sastrea R., Miñarroa M., Garciab D.* Animal biodiversity in cider apple orchards: Simultaneous environmental drivers and effects on insectivory and pollination // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2020. – Vol. 295 – P. 1–13/
2. *Conserving focal insect groups in woodland remnants: The role of landscape context and habitat structure on cross-taxonomic congruence / Li Y. Ding, S. B. Philip, Ok. Sachiko [et al.]* // *Ecological Indicators*. – 2020. – Vol. 115. – P. 1–11.
3. *Белицкая М.Н.* Особенности состава и распределения насекомых в насаждениях урбанизированной территории // *Экология России: на пути к инновациям: межвуз. сб. науч. тр.* / Астрахан. гос. ун-т. – Астрахань, 2019. – С. 95–100.
4. *Белицкая М.Н., Грибуст И.Р.* Дендрофаги лесомелиоративных комплексов с участием древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны // *Социально-экологические технологии*. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 343–361.
5. *Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Нефедьева Е.Э.* Состав и структура энтомофауны зеленых насаждений урбанизированных территорий // *Вестник НГАУ*. – 2018. – № 2. – С. 7–18.
6. *Грибуст И.Р.* Регулирование состояния насаждений на антропогенно преобразованных территориях: принцип дендрологического разнообразия // *Наука. Мысль: электронный периодический журнал*. – 2018. – № 8. – С. 11–21.
7. *Белицкая М.Н., Грибуст И.Р.* Насекомые защитных насаждений аридной зоны // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2009. – № 187. – С. 47–55.
8. *О роли биологического разнообразия в фитосанитарной оптимизации агроландшафтов / Е.Ю. Торопова, И.Г. Воробьева, В.А. Чулкина [и др.]* // *Сельскохозяйственная биология*. – 2013. – № 3. – С. 12–17.
9. *Importance of forest fragments as pollinator habitat varies with season and guild / W. Proesmans, D. Bonteb, G. Smagghet [et al.]* // *Basic and Applied Ecology*. – 2019. – Vol. 34. – P. 95–107.
10. *Lazaro A., Alomar D.* Landscape heterogeneity increases the spatial stability of pollination services to almond trees through the stability of pollinator visits // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2019. – Vol. 279. – P. 149–155.
11. *Древесные растения для озеленения Новосибирска / В.Т. Бакулин, Е.В. Банаев, Т.Н. Встовская [и др.]*. – Новосибирск: Гео, 2008. – 303 с.
12. *Встовская Т.Н., Короначинский И.Ю.* Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 235 с.
13. *Jakobs G., Weber E., Edwards P.J.* Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecifics in the native range // *Diversity and Distributions*. – 2004. – Vol. 10. – P. 11–19.
14. *Кириченко Н.И., Пере К., Кенис М.* Насекомые-минёры на древесных растениях-интродуцентах в Сибири: закономерности заселения новых экологических ниш // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2010. – № 192. – С. 118–126.
15. *Bartmeus I., Vila M., Steffan-Dewenter I.* Combined effects of *Impatiens glandulifera* invasion and landscape structure on native plant pollination // *Journal of Ecology*. – 2010 – Vol. 98. – P. 440–450.
16. *Spatio-temporal Distribution of Entomophages in Phytocenoses of Anthropogenically Modified Landscape in the Forest-steppe of Western Siberia / E. Yu. Toropova, E. Yu. Marmuleva, L. A. Osintseva [et al.]* // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – March 2016. – Vol. 13 (1). – P. 257–271.
17. *Палий В. Ф.* Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж, 1970. – 191 с.

18. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высшая школа, 1971. – 427 с.
19. Исаичев В. В. Защита растений от вредителей. – М.: Мир, 2003. – 468 с.
20. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М., 1975. – 27 с.
21. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
22. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.

REFERENCES

1. Martínez-Sastrea R., Miñarroa M., Garcíab D. Animal biodiversity in cider apple orchards: Simultaneous environmental drivers and effects on insectivory and pollination, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2020, Vol. 295, pp. 1–13.
2. Ding LiY., Philip S. B., Sachiko Ok., Mason C., Saul A. C., Lindenmayera D. B. Conserving focal insect groups in woodland remnants: The role of landscape context and habitat structure on cross-taxonomic congruence, *Ecological Indicators*, 2020, Vol. 115, pp. 1–11.
3. Belitskaya M. N., *Ekologiya Rossii: na puti k innovatsiyam* (Ecology of Russia: on the way to innovation), Interuniversity collection of scientific papers. Astrakhan State University, Astrakhan, 2019, pp. 95–100y. (In Russ.)
4. Belitskaya M. N., Gribust I. R., *Sotsial'no-ekologicheskie tekhnologii*, 2019, Vol. 9, No. 3, pp. 343–361. (In Russ.)
5. Belitskaya M. N., Gribust I. R., Nefed'eva E. E., *Vestnik NSAU*, 2018, No. 2, pp. 7–18. (In Russ.)
6. Gribust I. R., *Nauka. Mysl': elektronnyi periodicheskii zhurnal*, 2018, No. 8, pp. 11–21. (In Russ.)
7. Belitskaya M. N., Gribust I. R., *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2009, No. 187, pp. 47–55. (In Russ.)
8. Toropova E. Yu., Vorob'eva I. G., Chulkina V. A., Marmuleva E. Yu., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2013, No. 3, pp. 12–17. (In Russ.)
9. Proesmans W., Bonteb D., Smagghes G., Meeusc I., Verheyen K., Importance of forest fragments as pollinator habitat varies with season and guild, *Basic and Applied Ecology*, 2019, Vol. 34, pp. 95–107.
10. Lazaro A., Alomar D., Landscape heterogeneity increases the spatial stability of pollination services to almond trees through the stability of pollinator visits, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2019, Vol. 279, pp. 149–155.
11. Bakulin V. T., Banaev E. V., Vstovskaya T. N., *Drevesnye rasteniya dlya ozeleneniya Novosibirska* (Trees and shrubs for landscape gardening of Novosibirsk), Novosibirsk: Geo, 2008, 303 p.
12. Vstovskaya T. N., Koropachinskii I. Yu. *Drevesnye rasteniya Tsentral'nogo sibirskogo botanicheskogo sada* (Woody plants of the Central Siberian Botanical Garden), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2005, 235 p.
13. Jakobs G., Weber E., Edwards P. J., Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecifics in the native range, *Diversity and Distributions*, 2004, Vol. 10, pp. 11–19.
14. Kirichenko N. I., Pere K., Kenis M., *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, 2010, No. 192, pp. 118–126. (In Russ.)
15. Bartmeus I., Vila M., Steffan-Dewenter I., Combined effects of *Impatiens glandulifera* invasion and landscape structure on native plant pollination, *Journal of Ecology*, 2010, Vol. 98, pp. 440–450.
16. Toropova E. Yu., Marmuleva E. Yu., Osintseva L. A., Selyuk M. P., Dyachenko A. S., *Biosciences Biotechnology Research Asia*, March 2016, Vol. 13 (1), pp. 257–271.

17. Palii V.F., *Metodika izucheniya fauny i fenologii nasekomykh* (Methodology for studying the fauna and phenology of insects), Voronezh, 1970, 191 p.
18. Fasulati K.K., *Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh* (Field study of terrestrial invertebrates), Moscow: Vysshaya shkola, 1971, 427 p.
19. Isaichev V.V., *Zashchita rastenii ot vreditel'ei* (Protection of plants from pests), Moscow: Mir, 2003, 468 p.
20. *Metodika fenologicheskikh nablyudenii v botanicheskikh sadakh SSSR* (Technique of phenological observations in the botanical gardens of the USSR), Moscow, 1975, 27 p.
21. Megarran E., *Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie* (Ecological diversity and its measurement), Moscow: Mir, 1992, 184 p.
22. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on your computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА СОРТА СПОК

В. С. Масленникова, аспирант

В. П. Цветкова, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

А. Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. В. Пастухова, аспирант

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

Ключевые слова: томат сорта Спок, смесь бактериальных штаммов рода *Bacillus*, ростостимулирующее действие, урожайность

Реферат. Многими учеными установлено полифункциональное действие бактерий рода *Bacillus* на различных растениях. Для получения высоких урожаев томата необходимо применение природных регуляторов роста. В работе представлены результаты исследований влияния смеси штаммов бактерий рода *Bacillus* на ростовые процессы и продуктивность томата. В 2019–2020 гг. в условиях Новосибирской области в мелкоделяночных опытах было показано, что смесь штаммов бактерий рода *Bacillus* (*B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641) обладает ростостимулирующим действием на томате сорта Спок. Их применение способствовало увеличению вегетативной массы растений. Обработанные растения, по сравнению с контрольным посевом, были более высокие: длина надземной части в среднем за 2 года увеличилась в 1,2–1,4 раза. При применении смеси штаммов рода *Bacillus* увеличивалось количество кистей, цветков и плодов томата. Статистически достоверная разница по количеству цветков и плодов получена при учете на первую и вторую декаду июля. Количество плодов увеличилось достоверно на вторую декаду июля – в 1,7 раза. Установлено, что предпосевная обработка семян томата смесью штаммов не только способствовала увеличению темпов роста, но и положительно повлияла на формирование урожая. Под влиянием микробиологического комплекса происходило увеличение средней массы плодов в 1,2–1,4 раза. Прибавка урожайности в среднем за 2 года составила 4,5 кг/м². В связи с этим можно рекомендовать к применению смесь штаммов бактерий рода *Bacillus* в концентрации $1 \cdot 10^6$ КОЕ/мл для предпосевной обработки семян в качестве стимулятора роста и повышения продуктивности томата сорта Спок.

INFLUENCE OF THE *BACILLUS* GENUS BACTERIA ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF TOMATOES OF SPOK VARIETY

V. S. Maslennikova, PhD-student

V. P. Tsvetkova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

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

A. V. Pastukhova, PhD-student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: tomato of the Spok variety, a mixture of bacterial strains of the genus *Bacillus*, growth-stimulating effect, yield.

Abstract. Many scientists have established the multifunctional effect of bacteria of the genus *Bacillus* on various plants. It is necessary to use natural growth regulators to obtain high yields of tomato.

The paper presents the results of studies on the effect of a mixture of strains of the genus Bacillus bacteria on the growing processes and productivity of tomato. In 2019–2020 under the conditions of the Novosibirsk region, in small-plot experiments, it was found that a mixture of bacterial strains of the genus Bacillus (B. amyloliquefaciens VKPM B-10642, B. amyloliquefaciens VKPM B-10643, B. subtilis VKPM B-10641) has a growth-stimulating effect on a tomato Spok variety. Their use contributed to an increase in the vegetative mass of plants. The treated plants, in comparison with the control sowing, were taller: the length of the aboveground part increased 1.2–1.4 times on average over 2 years. When using a mixture of strains of the Bacillus genus, the number of brushes, flowers and tomatoes increased. A statistically significant difference in the number of flowers and fruit was obtained when accounting for the first and second ten days of July. The number of fruit increased significantly in the second decade of July by 1.7 times. It was found that the pre-sowing treatment of tomato seeds with a mixture of strains not only contributed to an increase in growth rates, but also positively influenced the formation of the yield. Under the influence of the microbiological complex, the average weight of fruit increased by 1.2–1.4 times. The yield increase on average over 2 years was 4.5 kg/m². In this regard, it is possible to recommend the use of a mixture of strains of bacteria of the genus Bacillus at a concentration of 1×10^6 CFU/ml for pre-sowing treatment of seeds as a growth stimulator and increase the productivity of tomato Spok variety.

Томат – одна из важнейших и наиболее ценных овощных культур, плоды которой отличаются высокими вкусовыми качествами. В них много витаминов, минеральных солей, органических кислот и углеводов. Химический состав плодов томата сильно колеблется в зависимости от сорта и условий произрастания: сухое вещество – 5–12 %, сахара – 2,7–7 %, кислоты (лимонная, яблочная) – 0,2–1,1 %, витамины (С, В₁, В₂, В₃, РР, К и др.) – 22–55 мг%. Особенно много (до 40–50 мг%) содержится в плодах томата аскорбиновой кислоты [1].

Практика сельскохозяйственного производства показывает, что высокая эффективность овощеводства невозможна без применения современной научно обоснованной технологии производства. Все большее значение приобретает использование биологических препаратов и новых регуляторов роста растений, механизм действия которых реализуется в повышении собственного роста, иммунитета растений к болезням, стресс-факторам. Применение регуляторов роста является экологически чистым приемом повышения величины урожая и качества продукции. В зарубежных странах ими обрабатываются 50–80 % посевов сельскохозяйственных культур [2]. Рядом ученых установлено ростостиму-

лирующее действие различных штаммов рода *Bacillus* на томат [3–6].

В многолетних лабораторных, полевых и производственных опытах по испытанию смеси штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ-10641 на различных культурах доказано их ростостимулирующее и фунгицидное действие [7]. Эффективность смеси на яровой пшенице в Западной Сибири оценивали М.И. Степанов и В.А. Коробов. Обработка семян повышала всхожесть на 25,0 %, массу проростков – на 80,0, массу корней – на 75 и длину корней – на 49,8 %. Растения из семян, обработанных бактериальной смесью, в 1,8 раза меньше поражались возбудителями корневых гнилей: грибами родов *Bipolaris* и *Fusarium*. Предпосевная обработка семян биопрепаратом приводила к увеличению урожайности разных сортов пшеницы от 3,5 до 5,3 ц/га, или на 19,7–32,9 %. В среднем за 4 года прибавка от использования препарата составила 4,1 ц/га, или 23,7 % [8].

Изучением влияния смеси на приживаемость, рост, поражаемость болезнями и плодоношение растений земляники занимались А.А. Беляев, М.В. Штерншис, Т.В. Шпатова и др. Проведенные ими в 2010–2012 гг. производственные опыты в условиях плодоносящих плантаций сельскохозяйственной ар-

тели «Сады Сибири» Новосибирской области показали, что под влиянием смеси штаммов общая биомасса растений возрастала на 41–52 %, длина корней – на 13–17, длина надземной части – на 3–5 см. Одновременно увеличивалось количество формируемых листьев и столонов, степень поражения листьев белой пятнистостью снижалась в 1,5–1,7 раза и ягод серой гнилью в 2,5–3 раза. Урожайность возрастала на 15–28 % [9, 10]. Ими показана также возможность биологического контроля пятнистостей листьев черной смородины [11] и защиты малины от пурпуровой пятнистости [12].

В 2017–2018 гг. нами было изучено влияние штаммов на патогенную микрофлору и продуктивность лука. Установлено, что бактерии рода *Bacillus* оказывают фунгицидное действие в отношении фузариоза, аспергиллёза и пероноспороза репчатого лука, а также способствуют увеличению урожая лукович на 20 % [13].

Таким образом, накоплен достаточно большой опыт успешного использования смеси штаммов бактерий рода *Bacillus* на некоторых сельскохозяйственных культурах, однако их действие на томатах оставалось неизученным, что и послужило основанием для проведения данных исследований.

Целью нашей работы являлось изучение ростостимулирующего действия смеси штаммов бактерий рода *Bacillus* на томат и его продуктивность.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись смесь штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, предоставленная ООО НПФ «Исследовательский центр» (Новосибирск, р.п. Кольцово), индетерминантный сорта томата Спок (оригинатор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, авторы: А.Ф. Петров, С.В. Рюмкин, Ю.В. Фотев, А.А. Лях, И.Е. Лаврищев).

Исследования проводили на базе теплицы УПХ «Сад мичуринцев» НГАУ

Новосибирской области в 2019–2020 гг. согласно общепринятым методикам [14].

Семена томата перед посевом замачивали в суспензии смеси штаммов *Bacillus* (концентрация $1 \cdot 10^6$ КОЕ/мл) на 1 ч, контрольные – в воде. Посев был произведён 25 марта 2019 г. и 30 марта 2020 г. в специальные ёмкости, в дальнейшем пикировка не производилась. Повторную обработку (в той же концентрации бактерий) проводили при высадке растений в теплицу (25 мая 2019 г. и 13 мая 2020 г.). Повторность в опыте – четырёхкратная, размещение делянок – систематическое. Общая площадь делянки 40 м^2 . Схема размещения растений использовалась ленточная, двустрочная, с параллельным расположением рядков. Растения в течение вегетации формировались в два стебля. Предшественник – чистый пар. Качество урожая оценивали по средним пробам каждого варианта. Агротехника в опыте – общепринятая для зоны Сибирского региона РФ.

Почва опытного участка – серая лесная тяжелосуглинистая, по содержанию гумуса в пахотном горизонте (4,5–6,2 %) относится к среднеобеспеченным. Содержание нитратного азота весной перед высадкой в грунт рассадного материала в слое 0–20 см низкое – 6 мг/кг, в слое 20–40 см – 7,7 мг/кг; подвижного фосфора – 181 мг/кг; обменного калия – 205 мг/кг почвы. Сумма поглощённых оснований – 31,8–61,0 мг-экв. на 100 г почвы, pH солевая близка к нейтральной (6,6).

Цифровой материал полученных результатов обрабатывали дисперсионным методом по Б.А. Доспехову с помощью пакета программ SNEDECOR [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Штаммы бактерий положительно повлияли на рост растений: уже на первую дату учета (7.06) в 2019 г. томаты в опытном варианте были 1,6 раза выше контрольных растений. В дальнейшем эта тенденция сохранилась: во вторую декаду июля высота контрольных растений была ниже в 1,2 раза (рис. 1).



Рис. 1. Влияние бактериальной смеси на рост томата (учет 1.07.2019): слева – контроль, справа – смесь штаммов *Bacillus*

The effect of the bacterial mixture on the growth of tomato (accounting 1.07.2019): on the left – control, on the right – a mixture of *Bacillus* strains

В 2020 г. при применении смеси также наблюдалось увеличение длины надземной части в 1,4–1,5 раза в первую и вторую декаду июня. В последующие учеты опытные растения были выше в среднем на 45–64 % (табл. 1).

В 2019 г. при применении смеси штаммов *Bacillus* количество кистей превышало кон-

троль в 2 раза. Статистически достоверная разница по количеству цветков и плодов получена при учете на первую и вторую декаду июля. В опытном варианте количество кистей превышало контрольный в 1,6–2,7 раза, а плодов – в 2,5–4,7 раза.

Таблица 1

Изменение морфометрических показателей томата под действием смеси штаммов, УПХ «Сад Мичуринцев» (2019–2020 гг.)

Changes in the morphometric parameters of tomato under the influence of a mixture of strains, TPF «Sad Michurintsev» (2019–2020)

Вариант	1-я декада июня		2-я декада июня		3-я декада июня		1-я декада июля		2-я декада июля	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
<i>Длина надземной части см.</i>										
Контроль	29,8	31,7	32,4	37,1	49,7	43,7	63,8	63,6	88,5	90,0
Смесь штаммов <i>Bacillus</i>	48,2	44,1	59,8	56,5	74,9	86,3	90,6	104,5	108,0	130,6
НСР ₀₅ по году = 4,440; НСР ₀₅ по варианту = 5,438										
<i>Количество цветков, шт.</i>										
Контроль	0	0	0	2	3	12	7	16	15	26
Смесь штаммов <i>Bacillus</i>	0	0	0	15	4	21	19	32	25	45
НСР ₀₅ по году = 0,365; НСР ₀₅ по варианту = 1,597										
<i>Количество плодов, шт.</i>										
Контроль	0	0	0	0	1	22	4	58	10	73
Смесь штаммов <i>Bacillus</i>	0	0	0	13	4	28	19	60	25	122
НСР ₀₅ по году = 5,125; НСР ₀₅ по варианту = 6,698										

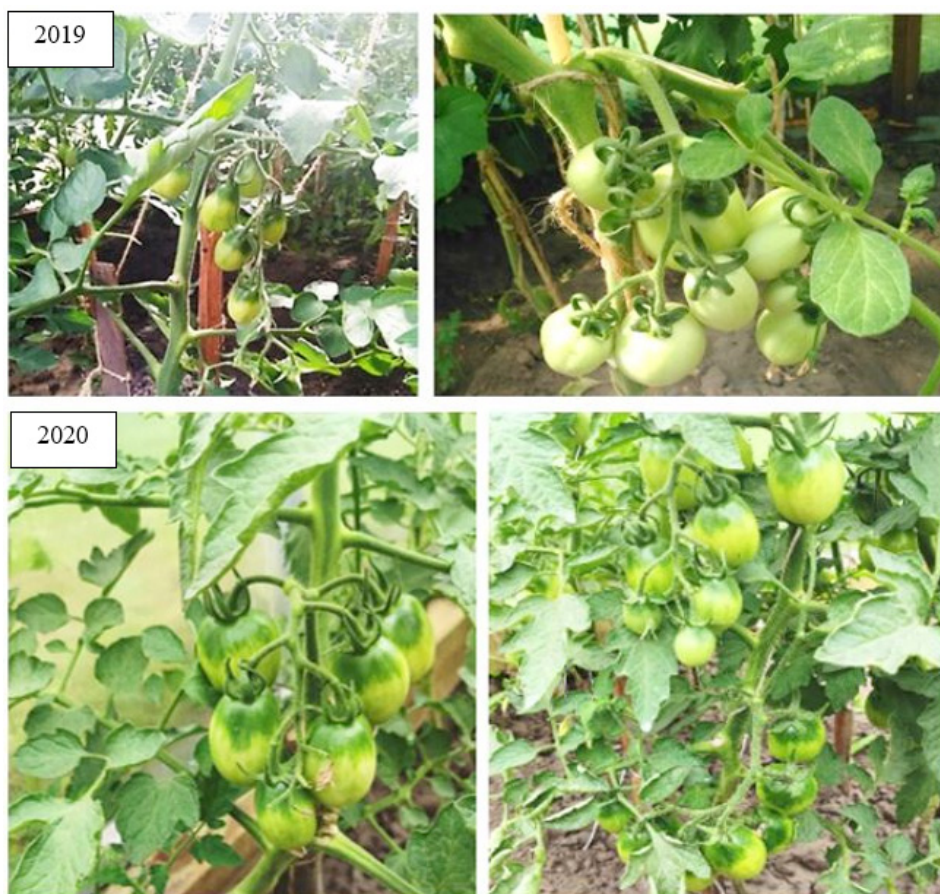


Рис. 2. Влияние бактериального препарата на плодоношение томата (учеты 17.07.2019 и 13.07.2020): слева – контроль, справа – смесь штаммов *Bacillus*

The effect of the bacterial preparation on the fruiting of tomato (counts on 17.07.2019 and 13.07.2020): on the left – control, on the right – a mixture of *Bacillus* strains

В 2020 г. в опытном варианте количество кистей достоверно не превышало контроль. Однако отмечено, что при использовании смеси штаммов увеличивалось количество цветков и плодов. При учете 15 июня количество цветков томата в опытных вариантах увеличилось с 2 до 15 штук. В вторую декаду июня в контроле отсутствовали плоды, в то время как в опытном варианте уже сформировалось

13 штук. Достоверные отличия получены при учете на 20 июля: количество плодов увеличилось в 1,7 раза (рис. 2).

Установлено, что предпосевная обработка семян томата смесью штаммов не только способствовала увеличению темпов роста, но и положительно повлияла на формирование урожая (табл. 2).

Таблица 2

Действие смеси штаммов на формирование некоторых элементов урожая (УПХ «Сад мичуринцев») The effect of a mixture of strains on the formation of certain elements of the crop (TPF «Sad Michurintsev»)

Вариант	Среднее количество плодов на одном растении, шт.		Средняя масса плодов, г		Урожайность, кг/м ²	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Контроль	27,0	25,0	22,7	21,0	3,7	3,2
Смесь штаммов <i>Bacillus</i>	55,0	50,0	32,3	25,0	8,4	7,6
НСР _{05 по году}	11,457		1,232		3,114	
НСР _{05 по варианту}	13,567		2,569		4,001	



Рис. 3. Урожай томатов (10 штук с повторности) (12.08.2020): слева – контроль, справа – смесь штаммов *Bacillus*

Harvest of tomatoes (10 pieces per replicate) (08/12/2020): on the left – control, on the right – a mixture of *Bacillus* strains

В 2019 г. применение смеси штаммов *Bacillus* статистически достоверно способствовало увеличению массы 1 плода в 1,4 раза относительно контрольного варианта. Прибавка урожайности составила 4,7 кг/м².

В 2020 г. под влиянием смеси штаммов происходило увеличение средней массы плодов в 1,2 раза. Урожайность томатов увеличилась с 3,2 до 7,6 кг/м² (рис. 3).

ВЫВОДЫ

1. В 2019–2020 гг. установлено ростостимулирующее действие штаммов бактерий рода *Bacillus* на томате. Обработанные растения, по сравнению с контрольным посевом,

были более высокие: длина надземной части в среднем за 2 года возрастала в 1,2–1,4 раза.

2. При применении смеси штаммов *Bacillus* увеличивалось количество кистей, цветков и плодов томата. Статистически достоверная разница по количеству цветков и плодов получена при учете на первую и вторую декаду июля. В 2019 г. в опытном варианте количество кистей превышало контрольный в 1,6–2,7, а плодов – в 2,5–4,7 раза. В 2020 г. в опытном варианте при учете на вторую декаду июня количество цветков томата в опытных вариантах увеличилось с 2 до 15 штук, в контроле отсутствовали плоды, в то время как в опытном варианте уже сформировалось 13 штук. Достоверные отличия получены и при учете на вторую декаду июля: количество плодов увеличилось в 1,7 раза.

3. Установлено, что предпосевная обработка семян томата смесью штаммов положительно повлияла на формирование урожая. Под влиянием микробиологического комплекса происходило увеличение средней массы плодов в 1,2–1,4 раза. Прибавка урожая в среднем за 2 года составила 4,5 кг/м². В связи с этим можно рекомендовать к применению смесь штаммов бактерий рода *Bacillus* (*B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641) в концентрации 1·10⁶ КОЕ/мл для предпосевной обработки семян в качестве стимулятора роста и повышения продуктивности томата сорта Спок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балашов Н. Н., Земан Г. О. Овощеводство. – Ташкент: Укитувчи, 1981. – 386 с.
2. Научные основы формирования продуктивности и качества томата / Т. С. Астарханова, Е. Н. Пакина, Н. Г. Андреева, И. Р. Астарханов, М. Заггар. – Махачкала, 2018. – 136 с.
3. Bahramisharif Amirhossein, Rose Laura. Efficacy of biological agents and compost on growth and resistance of tomatoes to late blight. – Planta, 2019. – P. 249.
4. Trifonova T.M. Influence of biologics on the growth and productivity of tomato plants // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2020. 548 082021
5. *Bacillus* effect on the germination and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) / T. Cabra Cendales, C.A. Rodríguez González, C.P. Villota Cuásquer, O.A. Tapasco Alzate, A. Hernández Rodríguez // Acta biol. Colomb. – 2017. – Vol. 22 (1). – P. 37–44.
6. Single and co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* on *Lycopersicon esculentum*: effects on plant growth and rhizosphere microbial community / C. Felici, L. Vettori,

- E. Giraldi, L.M.C. Forino, A. Toffanin, A. M. Tagliasacchi, M. Nuti // *Appl Soil Ecol.* – 2008. – Vol. 40 (2). – P. 260–270.
7. *Биопрепараты* на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений / М. В. Штерншис, А. А. Беляев, В. П. Цветкова, Т. В. Шпатова, А. А. Леляк, С. А. Бахвалов; М-во сел. хоз-ва РФ, Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 233 с.
 8. *Эффективность* биологического препарата Фитоп 8.67 на основе штаммов бактерий рода *Bacillus* на яровой пшенице в Западной Сибири / М. И. Степанов, В. А. Коробов, А. А. Леляк, А. И. Леляк, В. В. Юдушкин // *Достижения науки и техники АПК.* – 2012. – № 12. – С. 36–38.
 9. *Использование* биопрепаратов для управления ростом, плодоношением и фитосанитарным состоянием садовой земляники / А. А. Беляев, М. В. Штерншис, Т. В. Шпатова, В. И. Лутов, А. А. Леляк, А. И. Леляк // *Достижения науки и техники АПК.* – 2012. – № 12. – С. 44–47.
 10. *The use of Bacillus spp. strains for biocontrol of Ramularia leaf spot on strawberry and improving plant health in Western Siberia* / A.A. Belyaev, N.P. Pospelova, A.A. Lelyak [et al] // *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.* – 2016. – Vol. 7 (1). – P. 1594–1606.
 11. *Возможности* биологического контроля пятнистостей листьев черной смородины / А. А. Беляев, М. В. Штерншис, Т. В. Шпатова, В. И. Лутов, А. А. Леляк, А. И. Леляк // *Достижения науки и техники АПК.* – 2012. – № 12. – С. 48–50.
 12. *Шпатова Т. В., Штерншис М. В.* Испытание биопрепаратов для защиты малины от пурпуровой пятнистости в Западной Сибири // *Биологическая защита растений основа стабилизации агроэкосистем.* – Краснодар, 2012. – С. 214–216.
 13. *Цветкова В. П., Масленникова В. С.* Биопрепарат для защиты и повышения урожайности лука // *Картофель и овощи.* – 2019. – № 1. – С. 14–16.
 14. *Литвинов С. С.* Методика полевого опыта в овощеводстве. – М., 2011. – 636 с.
 15. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 350 с.

REFERENCES

1. Balashov N. H., Zeman G. O., *Ovoshchevodstvo* (Vegetable growing), Tashkent: Ukituvchi, 1981, 386 p.
2. Astarkhanova T. S., Pakina E. N., Andreeva N. G., Astarkhanov I. R., Zargar M., *Nauchnye osnovy formirovaniya produktivnosti i kachestva tomata* (Scientific bases of tomato productivity and quality formation), Makhachkala, 2018, 136 p.
3. Bahramisharif Amirhossein, Rose Laura. *Efficacy of biological agents and compost on growth and resistance of tomatoes to late blight*, Planta, 2019, 249.
4. Trifonova T. M., Influence of biologics on the growth and productivity of tomato plants, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2020, 548 p.
5. Cabra Cendales T, Rodríguez González CA, Villota Cuásquer CP, Tapasco Alzate OA, Hernández Rodríguez A. Bacillus effect on the germination and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L), *Acta biol. Colomb.*, 2017, Vol. 22 (1), pp. 37–44.
6. Felici C., Vettori L., Giraldi E., Forino L. M.C, Toffanin A., Tagliasacchi A. M., Nuti M., Single and co-inoculation of *Bacillus subtilis* and *Azospirillum brasilense* on *Lycopersicon esculentum*: effects on plant growth and rhizosphere microbial community, *Appl Soil Ecol.*, 2008, Vol. 40 (2), pp. 260–270.
7. Sternshis M. V., Belyaev A. A., Tsvetkova V. P., Shpatova T. V., Lelyak A. A., Bakhvalov S. A., *Biopreparaty na osnove bakteriy roda Vacillus dlya upravleniya zdorov'em rasteniy* (Biological

- preparations based on *Bacillus* bacteria for plant health management), Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2016, 233 p.
8. Stepanov M. I., Korobov V. A., Lelyak A. A., Lelyak A. I., Yudushkin V. V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 12, pp. 36–38. (In Russ.)
 9. Belyaev A. A., Shternshis M. V., Shpatova T. V., Lutov V. I., Lelyak A. A., Lelyak A. I., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 12, pp. 44–47. (In Russ.)
 10. Belyaev A. A., Pospelova N. P., Lelyak A. A. et al., The use of *Bacillus* spp. strains for biocontrol of Ramularia leaf spot on strawberry and improving plant health in Western Siberia, *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, 2016, Vol. 7 (1), pp. 1594–1606.
 11. Belyaev A. A., Shternshis M. V., Shpatova T. V., Lutov V. I., Lelyak A. A., Lelyak A. I. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 12, pp. 48–50. (In Russ.)
 12. Shpatova T. V., Shternshis M. V., *Biologicheskaya zashchita rasteniy osnova stabilizatsii agroekosistem*, Krasnodar, 2012, pp. 214–216. (In Russ.)
 13. Tsvetkova V. P., Maslennikova V. S., *Kartofel» i ovoshchi*, 2019, No. 1, pp. 14–16. (In Russ.)
 14. Litvinov S. S. *Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve* (Methodology of field experience in vegetable growing), Moscow, 2011, 636 p.
 15. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alliance, 2014, 350 p.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЗАПАДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Ф. Чесалин, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. В. Смольский, кандидат сельскохозяйственных наук
М. М. Нечаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Брянский государственный аграрный университет,

Брянск, Россия

E-mail: sev_84@mail.ru

Ключевые слова: кормовые культуры, урожайность, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, условия среды, потенциал продуктивности

Реферат. В условиях Нечерноземной зоны России на дерново-подзолистых и пойменных почвах провели оценку адаптивных свойств кормовых культур семейства мятликовых по параметрам экологической стабильности и пластичности и влияния на них минеральных удобрений по критерию урожайности. Анализ изменения урожайности кормовых культур проводили с 2009 по 2015 г., которые характеризовались различными погодными условиями. В результате исследований установили, что индекс среды изменялся по годам от $-6,36$ до $6,08$. Наибольший коэффициент адаптации наблюдали у суданской травы ($1,37$) и проса ($1,33$). Наименьшую изменчивость урожайности обнаружили при возделывании костреца безостого ($10,8\%$), проса ($13,2\%$) и райграса однолетнего ($14,6\%$). Наибольшая стрессоустойчивость выявлена у райграса однолетнего ($-6,00$) костреца безостого ($-6,20$) и овса ($-6,50$) – основных кормовых культур зоны исследования. Минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях установили у проса ($20,4$) и костреца безостого ($22,0$). Наиболее стабильными культурами в получении урожая были двукисточник тростниковый, райграсс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая и суданская трава. Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания оказались суданская трава, просо и овес. Наиболее высокоинтенсивной ($b_i = 2,40$, а $Sd^2 = 0,39$) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожая. Кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности. Применение минеральных удобрений повышает индекс среды, адаптацию, изменчивость урожайности кормовых культур, увеличивает разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, а также усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

IMPLEMENTATION OF THE PRODUCTIVITY POTENTIAL OF FORAGE CROPS IN THE WEST OF THE BRIANSK REGION

S. F. Chesalin, Candidate of Agricultural Sciences**E. V. Smolsky**, Candidate of Agricultural Sciences**M. M. Nechaev**, Candidate of Agricultural Sciences**Briansk State Agrarian University, Briansk, Russia**

Key words: forage crops, yield, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, environmental conditions, productivity potential.

Abstract. In the non-black soil zone of Russia on sod-podzolic and floodplain soils, the adaptive properties of forage crops of the bluegrass family were assessed in terms of ecological stability and plasticity and the effect of mineral fertilizers on them according to the yield criterion. The analysis of changes in the yield of forage crops was carried out from 2009 to 2015. It was characterized by different weather conditions. As a result of the research, it was found that the environmental index varied over the years from –6.36 to 6.08. The highest adaptation coefficient was observed in Sudanese grass (1.37) and millet (1.33). The smallest yield variability was found in the cultivation of awnless brome (10.8%), millet (13.2%) and annual ryegrass (14.6%). The highest stress resistance was found in one-year ryegrass (–6.00) awnless brome (–6.20) and oats (–6.50) – the main forage crops in the study area. The minimum value of the yield range in contrasting conditions was set in millet (20.4) and awnless brome (22.0). The most stable crops in obtaining the harvest were two-source reed, annual ryegrass, *Scleranthus*, meadow fescue and Sudanese grass. Sudanese grass, millet and oats were the most responsive to changes in cultivation conditions. The most intense ($b_i = 2.40$, and $S_d^2 = 0.39$) fodder crop in the western Briansk region is Sudan grass, while millet and oats are highly responsive in combination with low yield stability. The awnless brome reacts poorly to the improvement of external conditions, but has a fairly high yield stability. The use of mineral fertilizers increases the environmental index, adaptation, variability of the yield of forage crops, increases the gap between the maximum and minimum yield, and also enhances the stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.

Проблема эффективности производства кормов и использования кормовых угодий является основной в развитии кормопроизводства как естественной фундаментальной базы животноводства [1].

Сенокосы заливных и суходольных лугов являются источником «дешевых» кормов, а также играют многофункциональную роль в формировании устойчивого агроландшафта [2, 3]. Решение проблемы эффективного развития лугопастбищного хозяйства в Российской Федерации должно стать стратегическим направлением в ускоренном развитии животноводства. Об этом говорил Президент РФ 28 июля 2016 г. в Тверской области на совещании по проблемам сельского хозяйства Центрального Нечерноземья. Он обратил особое внимание на развитие молоч-

ного и мясного скотоводства, которые должны стать якорными отраслями [4].

В Центральном Нечерноземье, куда входит Брянская область, есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база [5]. При этом необходимо подбирать кормовые культуры с наибольшей приспособленностью к местным почвенно-климатическим стрессорам, что позволит формировать высокие стабильные урожаи сена кормовых культур как при благоприятных, так и при неблагоприятных погодных условиях. Знание потенциала адаптивности кормовых культур необходимо для правильного их подбора в условиях региона.

Параметры экологической пластичности и стабильности были рассчитаны для сортов различных сельскохозяйственных культур

[6–9], при этом получены данные о реализации потенциала урожайности сортов, которые подтверждают возможность использования данных методик для экологической оценки различных видов кормовых культур семейства мятликовых.

Цель исследования – провести всестороннюю оценку адаптивных свойств кормовых культур по параметрам экологической стабильности и пластичности и влияния на них минеральных удобрений в условиях запада Брянской области, используя критерий «урожайность».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились в западной части Брянской области, расположенной в бассейнах рек Ипути, Снов, Беседь и представляющей собой слабоволнистую пониженную равнину, расчлененную речными долинами, которая входит в состав восточной окраины Белорусского Полесья. Опыты были заложены в соответствии с программой и методикой исследования в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии и методикой опытов на сенокосах и пастбищах. Изучение реализации потенциала урожайности кормовых культур проводили в период с 2009 по 2015 г. на пойменной дерновой оглеенной супесчаной почве со следующими показателями почвенного плодородия: pH_{KCl} – 5,2–5,6, содержание гумуса – 3,0–3,3 %, P_2O_5 –320–440 мг/кг, K_2O – 130–180 мг/кг; дерново-подзолистой песчаной почве: pH_{KCl} – 5,7–5,9, содержание гумуса – 1,3–1,5 %, P_2O_5 –350–380 мг/кг, K_2O – 70–110 мг/кг; дерново-подзолистой супесчаной почве: pH_{KCl} – 5,5–5,8, содержание гумуса – 1,5–1,7 %, P_2O_5 –156–180 мг/кг, K_2O – 90–120 мг/кг, на долю которых приходится 84,8 тыс. га территории сенокосов Брянской области, или 33,4 % [10].

Объектами исследований являлись 9 кормовых культур семейства мятликовых: ежа сборная (*Dactylis glomerata*) сорта ВИК-61, овсяница луговая (*Festuca pratensis*)

Дединовская, двухкосточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea*) Припятский, овес (*Avena sativa*) Скакун, райграс однолетний (*Lolium multiflorum*) Изорский, суданская трава (*Andropogon drummondii*) Кинельская 100, просо (*Panicum miliaceum*) Квартет, кострец безостый (*Bromopsis inermis*) Моршанский 760, тимopheевка луговая (*Phleum pratense*) Марусинская 297.

Общая площадь опытной делянки 70 м², учетная – 30 м². Размещение делянок рендомизированное. Повторность трехкратная.

Удобрения – простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый – вносили поверхностно.

Территория запада Брянской области подверглась радиоактивному загрязнению искусственными радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС [11], поэтому система удобрения кормовых культур включала фосфорные и калийные удобрения [12], азотные были исключены, так как, по данным ряда авторов, при их применении происходит некоторое увеличение удельной активности корма [13, 14].

Агротехника возделывания кормовых культур – общепринятая для зоны исследований.

Урожайность сена определяли путем высушивания зеленой массы с 1 м² до воздушно-сухого состояния с последующим пересчетом урожая на сено. Уборку проводили в фазу цветения трав.

Индекс условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность (Sd^2) и пластичность (bi) – определяли по Эберхарту и Расселлу [15], стрессоустойчивость – по А. А. Гончаренко [16], размах урожайности (d) – по В. А. Зыкину [17], коэффициент вариации (V) – по Б. А. Доспехову [18].

Климат области умеренно теплый и влажный. Идущие на восток с Атлантического океана воздушные массы приносят летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой – значительные потепления [10].

Средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – колеблется от –7,3

до $-8,9^{\circ}\text{C}$, а наиболее теплого – июля – составляет $18,0\text{--}19,5^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой воздуха выше 0°C – $217\text{--}234$ дня, период с температурой ниже 0°C длится от 131 до 148 дней.

Температуры выше 10°C наблюдаются $136\text{--}154$ дня, их сумма за это время составляет $2150\text{--}2450^{\circ}\text{C}$.

По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Годовая сумма осадков составляет в среднем $530\text{--}655$ мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится примерно 30–

35 %, а на теплый – $60\text{--}70\%$. В годовом ходе месячных сумм осадков минимум приходится на февраль–март, максимум – на июль. Две трети осадков в году выпадает в виде дождя, одна треть – в виде снега. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен $1,3\text{--}1,4$.

Агроклиматические условия территории постановки опыта (табл. 1) получены на метеорологическом посту Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» с координатами $52^{\circ}30'50''$ северной широты, $31^{\circ}51'36''$ восточной долготы и высотой над уровнем моря 190 м.

Таблица 1

Среднее значение агроклиматических показателей вегетации по периодам исследования и климатическая норма

Average value of agro-climatic indicators of vegetation by study periods and climatic norm

Годы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
<i>Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$</i>							
2009–2011	10,0	16,7	21,1	23,4	20,8	14,8	17,8
2011–2013	10,3	18,4	20,9	22,1	20,0	13,7	17,6
2013–2015	9,5	18,5	20,4	21,1	20,9	13,8	17,4
Климатическая норма	7,3	14,9	18,3	20,0	18,7	13,1	15,4
<i>Количество выпавших осадков, мм</i>							
2009–2011	22	52	73	87	61	56	351
2011–2013	60	37	74	66	64	56	357
2013–2015	27	55	59	65	26	59	291
Климатическая норма	39	54	72	80	70	55	370

Температурный режим периода исследований колебался как по месяцам, так и по годам исследований, наиболее теплыми были 2009–2011 гг., когда средняя температура вегетации составляла $17,8^{\circ}\text{C}$.

Наиболее влажный период исследований пришелся на 2011–2013 гг., когда количество выпавших осадков за вегетацию было равно 357 мм, а наиболее засушливый – на 2013–2015 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство изучаемых кормовых культур характеризуются широкими адаптивными свойствами, о чем свидетельствуют аре-

алы их возделывания в Нечерноземной зоне России. Разнообразие метеорологических условий вегетационных периодов по температурному режиму и влагообеспеченности позволило объективно оценить уровень варьирования урожая сена кормовых культур в зависимости от сложившихся внешних условий. Индекс условий среды по годам варьировал от $-6,36$ до $6,08$ (табл. 2), а при использовании минеральных удобрений изменялся в пределах от $-17,13$ до $18,69$ (табл. 3). Необходимо отметить, что наибольшие значения индекса среды наблюдали при возделывании кормовых культур на пойменной почве, в которой пойменный процесс продолжался в зависимости от года от 1–2 до 15 дней.

Благоприятные условия для получения высокого урожая сенакормовых культур зависели не только от погодных условия, но и от вида возделываемой культуры. Так, в 2013 г. при возделывании кормовых культур на пес-

чаной почве индекс среды составлял –2,44, а на супесчаной 1,42, а это говорит о том, что погодные условия 2013 г. больше отвечают биологическим требованиям костреца и тимофеевки (табл. 2).

Таблица 2

Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях запада Брянской области
Yield potential of air-dry matter of forage crops in the west of the Bryansk region

Культура	Урожайность, ц/га				K _A	V, %
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее		
Пойменная дерновая оглеенная почва						
Ежа сборная	11,2	24,3	17,5	17,7	0,98	30,0
Овсяница луговая	11,7	23,4	19,0	18,0	1,00	26,6
Двукосточник тростниковый	12,3	24,8	18,6	18,6	1,03	27,5
Средняя урожайность за год	11,73	24,17	18,37	18,1		
Индекс среды	-6,36	6,08	0,28			
Дерново-подзолистая песчаная почва						
	2011 г.	2012 г.	2013 г.			
Овес	14,5	21,0	20,1	18,53	0,68	21,6
Райграс однолетний	20,5	16,3	14,5	17,10	0,63	14,6
Суданская трава	45,0	35,8	31,5	37,43	1,37	15,2
Просо	42,1	33,5	33,6	36,40	1,33	13,2
Средняя урожайность за год	30,53	26,65	24,93	27,4		
Индекс среды	3,16	-0,72	-2,44			
Дерново-подзолистая супесчаная почва						
	2013 г.	2014 г.	2015 г.			
Кострец безостый	28,2	22,0	27,7	26,0	1,13	10,8
Тимофеевка луговая	20,6	15,6	23,8	20,0	0,87	16,5
Средняя урожайность за год	24,40	18,80	25,75	23,0		
Индекс среды	1,42	-4,18	2,77			

Был установлен синергизм между применением минеральных удобрений и погодными условиями, который был обусловлен увеличением индекса среды при благоприятных условиях среды и снижением при неблагоприятных (см. табл. 3).

Реализация потенциала урожайности зависит от вида кормовой культуры, наилучшими считаются культуры с коэффициентом адаптации (K_A) выше 1, который говорит об их способности давать наибольший урожай. На пойменной дерновой оглеенной почве такой культурой был двукосточник тростниковый (1,03), на дерново-подзолистой песчаной – суданская трава (1,37) и просо (1,33) и на дерново-подзолистой супесчаной – кострец безостый (1,13) (см. табл. 2). Применение минеральных удобрений повышало потенци-

ал реализации урожайности, при этом с увеличением доз удобрения росла и продуктивность (см. табл. 3).

Коэффициент вариации (V) урожайности кормовых культур колебался от 10,8 до 30,0% в зависимости от культуры, периода исследований и почвы (см. табл. 2). Принято считать изменчивость незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%; средней, если он выше 10, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20% [18]. Наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур наблюдали на пойменных почвах, из кормовых культур наименьший коэффициент вариации обнаружили при возделывании костреца безостого (10,8%), проса (13,2%) и райграса однолетнего (14,6%).

Таблица 3

**Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях запада
Брянской области при использовании минерального удобрения**
Yield potential of air-dry matter of forage crops in the west of the Bryansk region when using mineral fertilizers

Культура	Доза удобрения	Урожайность, ц/га				K _A	V, %
		2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее		
Пойменная дерновая оглеенная почва							
Ежа сборная	P ₆₀ K ₄₅	16,4	47,9	33,0	32,4	0,83	40,1
	P ₆₀ K ₆₀	24,8	51,1	38,5	38,1	0,97	28,1
Овсяница луговая	P ₆₀ K ₄₅	17,3	61,2	35,9	38,1	0,97	47,2
	P ₆₀ K ₆₀	25,3	63,3	39,0	42,5	1,08	37,1
Двукосточник тростниковый	P ₆₀ K ₄₅	22,9	61,1	37,3	40,4	1,03	39,1
	P ₆₀ K ₆₀	26,5	63,5	39,9	43,3	1,10	35,3
Средняя урожайность за год		22,20	58,02	37,27	39,2		
Индекс среды		-17,13	18,69	-2,06			
Дерново-подзолистая песчаная почва							
		2011 г.	2012 г.	2013 г.			
Овес	K ₁₈₀	39,0	22,1	20,4	27,17	0,85	30,9
	K ₂₁₀	41,9	24,4	21,4	29,23	0,92	31,1
Райграс однолетний	K ₁₈₀	26,0	18,9	15,2	20,03	0,63	22,5
	K ₂₁₀	28,0	21,4	16,7	22,03	0,69	20,4
Суданская трава	K ₁₈₀	46,7	36,7	32,4	38,60	1,21	15,5
	K ₂₁₀	50,2	37,7	36,3	41,40	1,30	15,0
Просо	K ₁₈₀	44,5	34,1	34,7	37,77	1,18	12,7
	K ₂₁₀	46,8	35,2	34,3	38,77	1,22	14,7
Средняя урожайность за год		40,39	28,81	26,43	31,9		
Индекс среды		8,51	-3,06	-5,45			
Дерново-подзолистая супесчаная почва							
		2013 г.	2014 г.	2015 г.			
Кострец безостый	P ₆₀ K ₆₀	31,5	23,6	30,6	28,57	0,92	12,3
	P ₆₀ K ₇₅	33,4	26,0	35,9	31,77	1,02	13,2
	P ₆₀ K ₉₀	36,1	27,3	38,6	34,00	1,09	14,1
	P ₆₀ K ₁₀₅	38,5	29,9	39,8	36,07	1,16	11,6
Тимофеевка луговая	P ₆₀ K ₆₀	26,5	18,6	26,9	24,00	0,77	16,3
	P ₆₀ K ₇₅	30,2	22,3	32,1	28,20	0,90	14,9
	P ₆₀ K ₉₀	35,5	25,6	35,8	32,30	1,04	14,9
	P ₆₀ K ₁₀₅	37,2	28,8	39,1	35,03	1,12	12,8
Средняя урожайность за год		33,61	25,26	34,85	31,2		
Индекс среды		2,37	-5,98	3,61			

Применение минеральных удобрений в исследуемых дозах изменяло коэффициент вариации кормовых культур. Установлено, что изменчивость урожайности варьировала от 11,6 до 47,2% в зависимости от культуры, периода исследований, почвы и доз минерального удобрения. Внесение минеральных удобрений увеличило коэффициент вариации в сравнении с вариантами и без их применения, при этом возрастающие количества удобрений снижали коэффициент вариации кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых

почвах такую закономерность не обнаружили (см. табл. 3).

Показатель стрессоустойчивости ($y_{\min} - y_{\max}$) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость кормовой культуры. Наибольшую стрессоустойчивость наблюдали у райграса однолетнего (-6,00), костреца безостого (-6,20) и овса (-6,50), эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях (табл. 4).

Таблица 4

Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях запада Брянской области
Stress resistance and adaptability of forage crops in the west of the Briansk region

Культура	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	S_d^2
Ежа сборная	-13,10	17,75	53,9	1,05	0,32
Овсяница луговая	-11,70	17,55	50,0	0,94	0,74
Двукосточник тростниковый	-12,50	18,55	50,4	1,00	0,09
Овес	-6,50	17,75	31,0	1,11	5,79
Райграс однолетний	-6,00	17,50	29,3	1,07	0,13
Суданская трава	-13,50	38,25	30,0	2,40	0,39
Просо	-8,60	37,80	20,4	1,64	6,91
Кострец безостый	-6,20	25,10	22,0	0,90	1,53
Тимофеевка луговая	-8,20	19,70	34,5	1,10	1,53

Компенсационная способность культуры отражает показатель средней урожайности в контрастных условиях $[(y_{\min} + y_{\max}) / 2]$. Чем выше степень соответствия между культурой и различными факторами среды, тем выше этот показатель. Наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях возделывания сформировали суданская трава (38,25), просо (37,80) и кострец безостый (25,10).

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах. Чем ниже этот показатель, тем стабильнее урожайность кормовой культуры в конкретных условиях. Минимальное значение размаха урожайности отмечено у проса (20,4) и кострца безостого (22,0).

Стабильность (S_d^2) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях. Стабильность является синонимом пластичности: чем меньше квадратические отклонения фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [17]. В изучаемом наборе мятликовых кормовых культур наиболее стабильными были двукосточник тростниковый, райграс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая, а суданская трава является еще и самой высокоурожайной из исследуемых культур.

Коэффициент экологической пластичности (b_i) показывает отзывчивость кормовых культур на изменение условий возделывания. Он принимает значения больше, меньше или равным единице. Если значение $b_i \geq 1$, значит, культура обладает большей отзывчивостью. В случае $b_i \leq 1$ культура слабее реагирует на изменение условий среды. При $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания [17].

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания из изучаемых мятликовых кормовых культур были суданская трава (2,40), просо (1,64) и овес (1,11).

Те культуры, у которых $b_i > 1$, а S_d^2 стремится к 0, наиболее ценны, такие культуры относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшение условий и характеризуются стабильной урожайностью. Культуры с высокими показателями b_i и S_d^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а генотипы культур, у которых $b_i < 1$ и близкий к 0 показатель S_d^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [17].

Наиболее высокоинтенсивной ($b_i = 2,40$, а $S_d^2 = 0,39$) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожайности; кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но

имеет достаточно высокую стабильность урожайности (см. табл. 4).

Применение минеральных удобрений увеличило разрыв между максимальной и минимальной урожайностью кормовых культур в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель стрессоустойчивости наблюдали у костреца безостого (–7,90), тимopheевки луговой (–8,30) при внесении $P_{60}K_{60}$ (табл. 5). Эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях при применении минеральных удобрений. Установлено, что при возрастающих количествах удобрения снижалась стрессоустойчивость при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Внесение минеральных удобрений увеличивает наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях. Особенно высокий показатель наблюдали на поймен-

ных почвах у двукосточника тростникового (45,00), овсяницы луговой (44,30). При возрастающих количествах удобрения повышалась средняя урожайность культур в контрастных условиях как на пойменных, так и на дерново-подзолистых почвах.

Использование минеральных удобрений увеличивало размах урожайности в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель размаха урожайности наблюдали у проса (23,4), костреца безостого (24,9), эти культуры наиболее стабильно дают урожайность в контрастных условиях при применении минеральных удобрений. При возрастающих количествах удобрения снижался размах урожайности при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили (см. табл. 5).

Наиболее стабильными при внесении минеральных удобрений оказались тимopheевка

Таблица 5

Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях запада Брянской области при использовании минерального удобрения

Stress resistance and adaptability of forage crops in the west of the Bryansk region when using mineral fertilizers

Культура	Доза удобрения	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	S_d^2
Ежа сборная	$P_{60}K_{45}$	-31,50	32,15	65,8	0,84	7,88
	$P_{60}K_{60}$	-26,30	37,95	51,5	0,70	4,06
Овсяница луговая	$P_{60}K_{45}$	-43,90	39,25	71,7	1,20	0,78
	$P_{60}K_{60}$	-38,00	44,30	60,0	1,03	5,97
Двукосточник тростниковый	$P_{60}K_{45}$	-38,20	42,00	62,5	1,04	3,87
	$P_{60}K_{60}$	-37,00	45,00	58,3	1,01	5,50
Овес	K_{180}	-18,60	29,70	47,7	1,37	1,28
	K_{210}	-20,50	31,65	48,9	1,48	0,15
Райграс однолетний	K_{180}	-10,80	20,60	41,5	0,72	2,00
	K_{210}	-11,30	22,35	40,4	0,73	4,46
Суданская трава	K_{180}	-14,30	39,55	30,6	0,97	2,00
	K_{210}	-13,90	43,25	27,7	1,02	0,56
Просо	K_{180}	-10,40	39,30	23,4	0,76	3,02
	K_{210}	-12,50	40,55	26,7	0,93	0,90
Кострец безостый	$P_{60}K_{60}$	-7,90	27,55	25,1	0,81	1,84
	$P_{60}K_{75}$	-9,90	30,95	27,6	0,98	0,84
	$P_{60}K_{90}$	-11,30	32,95	29,3	1,13	0,61
	$P_{60}K_{105}$	-9,90	34,85	24,9	1,03	0,00
Тимopheевка луговая	$P_{60}K_{60}$	-8,30	22,75	30,9	0,89	0,26
	$P_{60}K_{75}$	-9,80	27,20	30,5	0,99	0,23
	$P_{60}K_{90}$	-10,20	30,70	28,5	1,11	0,58
	$P_{60}K_{105}$	-10,30	33,95	26,3	1,05	0,18

луговая, кострец безостый, суданская трава, просо, овсяница луговая. При возрастающих количествах удобрения повышалась стабильность урожайности кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания кормовыми культурами при применении минеральных удобрений были овес (1,48), овсяница луговая (1,20) и кострец безостый (1,13). Минеральные удобрения изменяют отзывчивость культур на условия среды и стабильность получения урожая.

ВЫВОДЫ

1. Индекс условий среды изменялся по годам от –6,36 до 6,08, с максимумом значения на пойменной почве. Наибольшая адаптация к условиям пойменной почвы наблюдалась у двукисточника тростникового (1,03), на дерново-подзолистой песчаной почве – у суданской травы (1,37) и проса (1,33), а на дерново-подзолистой супесчаной почве – у костреца безостого (1,13). Условия пойменных почв обуславливают наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур.

2. Наибольшая стрессоустойчивость обнаружена у райграса однолетнего (–6,00) костреца безостого (–6,20) и овса (–6,50) – основных кормовых культур зоны исследования.

3. Минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях установили у проса (20,4) и костреца безостого (22,0), а наиболее стабильными культурами в получении урожая были двукисточник тростниковый, райграсс однолетний, ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая и суданская трава.

4. Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания были суданская трава, просо и овес. Высокоинтенсивной ($b_i = 2,40$, а $Sd^2 = 0,39$) кормовой культурой в условиях запада Брянской области является суданская трава, просо и овес обладают высокой отзывчивостью в сочетании с низкой стабильностью урожая, а кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности.

5. Применение минеральных удобрений повышает индекс среды, адаптацию, изменчивость урожайности кормовых культур, увеличивает разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, а также усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чирков Е. П., Дронов А. В., Ларетин Н. А. Система ведения кормопроизводства в условиях инновационного развития // АПК: регионы России. – 2012. – № 9. – С. 36–42.
2. Лугопастбищные экосистемы в биосфере и сельском хозяйстве России / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С. 5–8.
3. Бельченко С. А., Белоус И. Н., Наумова М. П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 32–35.
4. Совещание по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 8. – С. 2–9.
5. Харкевич Л. П., Белоус И. Н., Анишина Ю. А. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография. – Брянск, 2011. – 211 с.
6. Мамеев В. В., Торигов В. Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 55–62.
7. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 4. – С. 37–44.

8. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения / В. Е. Ториков, М. В. Котиков, А. А. Осипов, В. В. Седов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 26–32.
9. Серебренников Ю. И. Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // Вестник НГАУ. – 2020. – № 2 (55). – С. 50–59.
10. Воробьев Г. Т. Почвы Брянской области. – Брянск, 1993. – 160 с.
11. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) / В. Г. Сычев, В. И. Лунёв, П. М. Орлов, Н. М. Белоус. – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.
12. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Г. П. Малявко, Е. В. Смольский, О. А. Меркелов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 3. – С. 33–35.
13. Сычев В. Г., Белоус Н. М., Смольский Е. В. Радиоэкологическая оценка применения минеральных удобрений при коренном улучшении пастбищ пойменных угодий // Плодородие. – 2015. – № 3 (84). – С. 2–5.
14. Шаповалов В. Ф., Харкевич Л. П., Белоус Н. М. Влияние систем удобрений на продуктивность и содержание цезия-137 в урожае // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 11–12.
15. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // J. Crop. Sci. – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36–40.
16. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
17. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Д. Р. Исламгулов. – Уфа, 2011. – 99 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Chirkov E. P., Dronov A. V., Laretin N. A., *APK: regiony Rossii*, 2012, No. 9, pp. 36–42. (in Russ.)
2. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., *Kormoproizvodstvo*, 2011, No. 3, pp. 5–8. (in Russ.)
3. Belchenko S. A., Belous I. N., Naumova M. P., *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2015, No. 2, pp. 32–35. (in Russ.)
4. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*, 2016, No. 8, pp. 2–9. (in Russ.)
5. Kharkevich L. P., Belous I. N., Anishina Yu. A., *Reabilitacii radioaktivnozagryaznennykh senokosov i pastbishch* (Rehabilitation of radioactively contaminated hayfields and pastures), Bryansk, 2011, 211 p.
6. Mameev V. V., Torikov V. E., *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2020, No. 1, pp. 55–62. (in Russ.)
7. Baikalo L. P., Serebrennikov Yu. I., *Vestnik KrasGAU*, 2020, No. 4, pp. 37–44. (in Russ.)
8. Torikov V. E., Kotikov M. V., Osipov A. A., Sedov V. V., *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2020, No. 3, pp. 26–32. (in Russ.)
9. Serebrennikov Yu. I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 2, pp. 50–59. (in Russ.)
10. Vorobyov G. T., *Pochvy Bryanskoy oblasti* (Soil Bryansk region), Bryansk, 1993, 160 p.
11. Sychev V. G., Lunev V. I., Orlov P. M., Belous N. M., *CHernobyl': radiacionnyj monitoring sel'skohozyajstvennykh ugodij i agrohimicheskie aspekty snizheniya posledstvij radioaktivnogo*

- zagryazneniya pochvy (k 30-letiyu tekhnogennoj avarii na CHernobyl'skoj AES)* (Chernobyl: radiation monitoring of agricultural land and agrochemical aspects of reducing the consequences of radioactive soil pollution (on the 30th anniversary of a man-made accident at the Chernobyl nuclear power plant)), Moscow: VNIIA, 2016, 184 p.
12. Belous N.M., Shapovalov V.F., Malyavko G.P., Smolsky E.V., Merkelov O.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, Vol. 29, No. 3, pp. 33–35. (in Russ.)
 13. Sychev V.G., Belous N.M., Smolsky E.V., *Plodorodie*, 2015, No. 3, pp. 2–5. (in Russ.)
 14. Shapovalov V.F., Kharkevich L.P., Belous N.M., *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2007, No. 1, pp. 11–12. (in Russ.)
 15. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *J. Crop. Sci.*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
 16. Goncharenko A.A., *Vestnik RASKhN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (in Russ.)
 17. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R., *Metodika rascheta I ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij* (Methodology for calculation and estimation of parameters of ecological plasticity of agricultural plants), Ufa, 2011, 99 p.
 18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:616.9 (571.6)

DOI:10.31677/2072-6724-2021-58-1-75–80

ОСОБЕННОСТИ ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО ОСНОВНЫМ ГЕЛЬМИНТОЗАМ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Бондаренко, научный сотрудник

Т. И. Трухина, кандидат сельскохозяйственных наук

И. А. Соловьева, кандидат биологических наук

Дальневосточный зональный научно-исследовательский
ветеринарный институт, Благовещенск, Россия

E-mail: galy78@yandex.ru

Ключевые слова: гельминты, сроки заражения, сезонная динамика, крупный рогатый скот, экстенсивность инвазии, Амурская область

Реферат. *Результативность борьбы с гельминтозами зависит от знания их эпизоотологии, возрастной и сезонной динамики. Амурская область находится в зоне резко-континентального климата, что не может не сказываться на условиях жизни и состоянии здоровья сельскохозяйственных животных, в том числе на развитии различных паразитарных заболеваний, негативно влияющих на продуктивность сельскохозяйственных животных. Биологическим циклам гельминтов свойственна сезонная динамика развития, так как большая часть из них проходит с участием промежуточных хозяев, чувствительных к изменениям климатических условий (температуры, количества осадков), а также к другим факторам. Определение сроков начала заражения, наиболее неблагоприятных сезонов и основных видов гельминтов необходимо для профилактики гельминтозов в каждом конкретном регионе. Установлено, что основой популяционной структуры гельминтозов у крупного рогатого скота в условиях Амурской области являются стронгилятозы, стронгилоидоз, неоаскаридоз и мониезиоз. Первые яйца и личинки *Strongylata* spp. обнаруживали в феврале–апреле. Наибольшая экстенсивность инвазии наблюдалась в зимний период (февраль). У *Moniezia benedeni*, так же как и у *Neoascaris vitulorum*, наиболее высокие показатели зараженности выявлены в осенне-зимний период. При этом в годовой динамике первые яйца гельминтов у обоих видов выявлены в феврале. Случаи выявления других гельминтов у крупного рогатого скота впервые регистрировались преимущественно в весенний период. Таким образом, заражение крупного рогатого скота гельминтами в условиях Амурской области не зависит от пастбищного сезона, что следует учитывать при разработке планов противогельминтных мероприятий в животноводческих хозяйствах.*

FEATURES OF THE EPIZOOTIOLOGICAL PROCESS FOR THE MAIN
HELMINTHIASIS IN CATTLE IN THE AMUR REGION

G.A. Bondarenko, Researcher

T.I. Trukhina, Candidate of Agricultural Sciences

I.A. Solovieva, Candidate of Biological Sciences

Far East Zone Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk, Russia

Key words: helminths, timing of infection, seasonal dynamics, cattle, extensiveness of invasion, Amur Region.

Abstract. The effectiveness of the fight against helminthiasis depends on the knowledge of their epizootology, age and seasonal dynamics. The Amur Region is located in a sharp continental climate zone, which affects the living conditions and health status of farm animals, including the development of various parasitic diseases that negatively affect the productivity of farm animals. The biological cycles of helminths are characterized by seasonal dynamics of development, since most of them take place with the participation of intermediate hosts that are sensitive to changes in climatic conditions (temperature, amount of precipitation), as well as to other factors. The determination of the onset of infection timing, the most unfavorable seasons and the main types of helminths are necessary for the prevention of helminthiasis in each specific region. It has been established that the basis of the population structure of helminthiasis in cattle under the conditions of the Amur Region is strongylatosis, strongyloidiasis, neoascariasis and moniesiasis. The first eggs and larvae of *Strongylata* spp. found in February – April. The greatest extent of invasion was observed in the winter period (February). *Moniezia benedeni*, as well as *Neoascaris vitulorum*, had the highest infection rates in the autumn-winter period. At the same time, in the annual dynamics, the first eggs of helminths in both species were found in February. Cases of detection of other helminths in cattle were first recorded mainly in the spring. Thus, the infection of cattle with helminths in the Amur Region does not depend on the grazing season, which should be taken into account when developing plans for anthelmintic measures in livestock farms.

Одной из причин низкой рентабельности животноводства являются паразитарные заболевания, среди которых ведущее место занимают гельминтозы. Следует отметить, что ярко выраженные клинические проявления и падеж животных от гельминтозов наблюдаются только при очень сильной зараженности паразитическими червями. Гораздо чаще встречается слабая зараженность, при которой видимые признаки заболевания отсутствуют. Пораженные гельминтами сельскохозяйственные животные часто кажутся вполне здоровыми, хотя в действительности они неполноценны, так как не дают того объема продукции, который могли бы дать. Скрытые гельминтозы иногда наносят хозяйству больший ущерб, чем остро протекающие болезни [1]. Эпизоотологический анализ является основой для разработки и усовершенствования

мероприятий в паразитологии, выбор схем лечебно-профилактических мероприятий должен основываться на знаниях особенностей биологии паразитов и закономерностей эпизоотического процесса в комплексе паразитозов [2]. Результативность борьбы с гельминтозами зависит от знания их эпизоотологии, возрастной и сезонной динамики, возможности установить связи с природными и биологическими факторами.

Гельминтозы крупного рогатого скота характеризуются широким распространением на территории Российской Федерации, при этом видовое разнообразие гельминтов и эпизоотологические показатели их распространенности различаются по регионам. Амурская область находится в зоне резко-континентального климата, что не может не сказываться на условиях жизни и состоянии

здоровья сельскохозяйственных животных, в том числе на развитии различных паразитарных заболеваний [3–5], негативно влияющих на продуктивность сельскохозяйственных животных.

Сроки заражения гельминтами сельскохозяйственных животных зависят от климатического пояса и условий содержания [6]. Биологическим циклам гельминтозов свойственна сезонная динамика развития, так как большая часть из них проходит с участием промежуточных хозяев, чувствительных к изменениям климатических условий: температуры, количества выпавших осадков, а также другим факторам. Определение сроков начала заражения и сезонов с наивысшими показателями необходимо для проведения корректировки в животноводческих хозяйствах по предотвращению и профилактике гельминтозов в каждом конкретном регионе.

С учетом вышеизложенного была определена цель нашего исследования – установить особенности эпизоотологического процесса с определением динамики заражения в течение года основными видами гельминтов крупного рогатого скота в различных животноводческих хозяйствах Амурской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на базе отдела паразитологии и зооэкологии ФГБНУ ДальЗНИВИ.

Объекты исследования: крупный рогатый скот пяти хозяйств Амурской области: ЗАОР (НП) агрофирма «Партизан» (Тамбовский район, с. Раздольное, с. Рошино); ООО «Приамурье» (Тамбовский район, с. Космодемьяновка); ООО «Амурский партизан» (Тамбовский район, с. Косицино); ООО «Красная звезда» (Белогорский район, с. Васильевка); ООО «Колхоз Томичевский» (Белогорский район, с. Низинное).

Методы исследований – паразитологические, математические, статистические.

Для паразитологических (копроовоскопических, лярвоскопических) исследований отбор проб фекалий у крупного рогатого

скота производили непосредственно из прямой кишки животных и доставляли в тот же день в лабораторию отдела паразитологии и зооэкологии. Исследование фекалий на наличие в них яиц гельминтов осуществлялось седиментационными методами (формалин-эфирный, уксусно-эфирный) согласно МУК 4.1.3145–13 [7].

Для обнаружения личинок легочных и кишечных нематод был использован метод культивирования личинок и метод Бермана [7]. Идентификацию яиц и личинок гельминтов проводили по атласу А.А. Черепанова и др. [8], и определителю В.М. Ивашкина, С.А. Мухамадиева [9].

Полученные результаты были подвергнуты математической и статистической обработке общепринятыми методами STATISTICA [10] с использованием стандартной компьютерной программы Microsoft Word 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За период 2016–2019 гг. было исследовано 320 голов крупного рогатого скота. Установлено, что основу популяционной структуры гельминтов крупного рогатого скота Амурской области составляют возбудители таких заболеваний, как мониезиоз (ЭИ 50,31%), неоаскаридоз (ЭИ 16,56%), стронгилятозы (ЭИ 16,25%) и стронгилоидоз (ЭИ 11,25%), что соответствует нашим предыдущим исследованиям [3–5].

Для определения сроков заражения крупного рогатого скота основными видами гельминтов были проанализированы данные, полученные в течение 2016–2019 гг. в результате собственных исследований, проводимых на базе животноводческих хозяйств Амурской области (таблица).

При исследовании фекалий крупного рогатого скота первые яйца и личинки *Strongylata* spp. обнаруживали в феврале–марте–апреле. При этом наибольшая экстенсивность инвазии была зарегистрирована в зимний период и в феврале составила 78,1%.

Сроки заражения крупного рогатого скота основными видами гельминтов в условиях Амурской области
The timing of the infection of cattle with the main types of helminths in the conditions of the Amur region

Виды гельминтов	Количество положительных проб (ЭИ, %±m)												Всего (n=320)
	январь (n=0)	февраль (n=32)	март (n=90)	апрель (n=127)	май (n=20)	июнь (n=32)	июль (n=15)	август (n=0)	сентябрь (n=0)	октябрь (n=4)	ноябрь (n=0)	декабрь (n=0)	
Нематодозы													
<i>Strongylata</i> spp.	-	25 (78,1±5,68)	7 (7,8±1,44)	10 (7,9±2,12)	-	8 (25,0±3,29)	2 (13,3±2,13)	-	-	0	-	-	52 (16,25±2,45)
В том числе	-	4 (12,5±2,03)	0	0	-	0	0	-	-	0	-	-	4 (1,25±0,14)
<i>Trichocephalus</i> sp.	-	0	0	0	-	0	2 (13,3±2,13)	-	-	0	-	-	2 (0,63±0,22)
<i>Dictyocaulus viviparus</i>	-	0	4 (4,4±0,95)	1 (0,8±0,26)	-	1 (3,1±0,73)	0	-	-	0	-	-	6 (1,87±0,5)
<i>Oesophagostomum</i> sp.	-	0	0	3 (2,4±0,6)	-	0	0	-	-	0	-	-	3 (0,94±0,3)
<i>Trichostrongylus</i> sp.	-	0	3 (3,3±0,77)	0	-	2 (6,2±1,22)	0	-	-	0	-	-	5 (1,56±0,44)
<i>Cooperia</i> sp.	-	0	0	2 (1,6±0,45)	-	1 (3,1±0,73)	0	-	-	0	-	-	3 (0,94±0,3)
<i>Nematodirus</i> sp.	-	21 (65,6±5,58)	0	4 (18,9±1,82)	-	4 (12,5±2,03)	0	-	-	0	-	-	29 (9,06±2,6)
Другие виды строн- гилят	-	20 (62,5±5,5)	7 (7,8±1,45)	24 (26,7±3,23)	-	0	0	-	-	2 (50,0±5)	-	-	53 (16,56±2,48)
<i>Neoascaris vitulorum</i>	-	0	20 (22,2±3,04)	7 (5,5±1,12)	10 (50±5)	6 (18,8±2,71)	0	-	-	0	-	-	36 (11,25±1,89)
<i>Strongyloides papillosus</i>	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Трематодозы													
<i>Paramphistomum</i> sp.	-	2 (6,2±1,23)	0	2 (1,6±0,45)	-	0	0	-	-	0	-	-	4 (1,25±0,14)
<i>Fasciola hepatica</i>	-	0	0	0	-	0	0	-	-	1 (25,0±3,29)	-	-	1 (0,31±0,02)
<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	-	0	0	0	-	3 (9,4±1,66)	0	-	-	0	-	-	3 (0,94±0,3)
Цестодозы													
<i>Moniezia benedeni</i>	-	31 (96,9±4,1)	35 (38,9±4,35)	74 (58,3±5,36)	-	11 (34,4±4,04)	7 (46,7±4,83)	-	-	3 (75,0±5,7)	-	-	161 (50,31±5,02)

Первые яйца *Neoascaris vitulorum* обнаруживали в феврале. Пик зараженности приходится на осенне-зимний период. Наибольшая экстенсивность инвазии зарегистрирована в феврале (62,5 %).

Первые яйца *Moniezia benedeni* также обнаруживали в феврале. Пик зараженности приходится на осенне-зимний период. Наибольшая экстенсивность инвазии зарегистрирована в феврале (96,9 %).

Случаи выявления других гельминтов у крупного рогатого скота впервые регистрировались преимущественно в весенний период.

Исходя из полученных данных, наибольшая экстенсивность инвазии гельминтов среди поголовья крупного рогатого скота в условиях Амурской области регистрируется в зимний период (февраль), в то время, когда животные находятся на стойловом содержании. Как следствие, это приводит к массовому заражению здоровых животных в марте–апреле, в том числе телят.

ВЫВОДЫ

1. Основными нозологическими единицами у крупного рогатого скота в условиях различных хозяйств Амурской области являются *Moniezia benedeni*, *Neoascaris vitulorum*, разные виды *Strongylata* spp. и *Strongyloides papillosus*.

2. Первые яйца и личинки большинства видов *Strongylata* spp., *Neoascaris vitulorum*, *Moniezia benedeni* начинают выявляться в феврале, у *Strongyloides papillosus* – в марте.

3. Наибольшая экстенсивность инвазии гельминтов среди поголовья крупного рогатого скота регистрируется в зимний период (февраль).

4. Заражение крупного рогатого скота гельминтами в условиях Амурской области не зависит от пастбищного сезона, что следует учитывать при разработке планов противогельминтных мероприятий в животноводческих хозяйствах. Для более полной картины по установлению сроков заражения необходимо продолжить исследования по выявлению гельминтов с учетом каждого месяца календарного года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафиуллин Р.Т. Паразитарные болезни, их распространение и экономический ущерб // Ветеринарный врач. – 2004. – № 2. – С. 69–70.
2. Марченко В.А., Ефремова Е.А., Саитов В.Р. Унифицированная система противозпизоотических мероприятий при зоопаразитах в мясном скотоводстве Республики Алтай // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Горно-Алтайск, 2017. – С. 243–248.
3. Бондаренко Г.А., Соловьева И.А., Трухина Т.И. Популяционная структура по паразитарным заболеваниям крупного рогатого скота в Амурской области // Colloquium-journal. – 2018. – № 12 (23). – С. 4–5.
4. Бондаренко Г.А., Соловьева И.А., Трухина Т.И. Эпизоотологическая ситуация по гельминтофауне в животноводческих хозяйствах Амурской области // БИО. – 2019. – № 8 (227). – С. 20–22.
5. Паразитарные заболевания крупного рогатого скота в Амурской области / Г.А. Бондаренко, И.А. Соловьева, Т.И. Трухина [и др.] // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2018. – № 19. – С. 97–99.
6. Сезонная и возрастная динамика инвазированности крупного рогатого скота гельминтами в разных природных зонах Западно-Казахстанской области / Р.С. Кармалиев, К.М. Ахмеденов, Б.М. Сидихов [и др.] // Ветеринария. – 2019. – № 7. – С. 38–41.

7. *Лабораторная диагностика гельминтов и протозоозов: методические указания МУК 4.2.3145–13.* – 2-е изд., испр. и доп., ил. – М.: ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, 2014. – 118 с.
8. *Дифференциальная диагностика гельминтов по морфологической структуре яиц и личинок возбудителей* / А. А. Черепанов, А. С. Москвин, Г. А. Котельников, В. М. Хренов. – М.: Наука, 1999. – 76 с.
9. *Ивашкин В. М., Мухамадиев С. А.* Определитель гельминтов крупного рогатого скота. – М.: Наука, 1981. – 259 с.
10. *Лакин Г. Ф.* Биометрия: учеб. пособие для биол. специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

REFERENCES

1. Safiullin R. T., *Veterinarnyj vrach*, 2004, No. 2, pp.69–70. (In Russ.)
2. Marchenko V.A., Efremova E.A., Saitov V.R., *Aktual'nye problemy sel'skogo hozjajstva gornyh territorij* (Topical problems of mountain agriculture), Proceedings of the 4rd International nauchno-prakticheskoy Conference, Gorno-Altaysk, 2017, pp. 243–248. (In Russ.)
3. Bondarenko G.A., Solov'eva I.A., Truhina T.I., *Colloquium-journal*, 2018, No. 12 (23), pp. 4–5. (In Russ.)
4. Bondarenko G.A., Solov'eva I.A., Truhina T.I., *BIO*, 2019, No. 8 (227), pp. 20–22. (In Russ.)
5. Bondarenko G.A., Solov'eva I.A., Truhina T.I., Ivanov D.A., Jakovleva N.V., *Teorija i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami*, 2018, No. 19, pp. 97–99. (In Russ.)
6. Karmaliev R. S., Ahmedenov K. M., Sidihov B. M., Ajtuganov B. E., Usenov Zh. T., Ertleuova B. O., Gabdullin D. E., Aliev E. M., *Veterinarija*, 2019, No. 7, pp. 38–41. (In Russ.)
7. *Metodicheskie ukazaniya MUK 4.2.3145–13* (Laboratornaja diagnostika gel'mintov i protozoozov), Moscow: FBUZ «Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii» Rospotrebnadzora, 2014, 118 p.
8. Cherepanov A.A., Moskvin A.S., Kotel'nikov G.A., Hrenov V.M., *Differencial'naja diagnostika gel'mintov po morfologicheskoy strukture jaic i lichinok vozbuditelej* (Differential diagnosis of helminths by morphological structure of eggs and larvae of agents), Moscow: Nauka, 1999, 76 p.
9. Ivashkin V.M., Muhamadiev S.A., *Opredelitel' gel'mintov krupnogo rogatogo skota* (Cattle helminth determiner), Moscow: Nauka, 1981, 259 p.
10. Lakin G. F., *Biometrija* (Biometrics), Moscow: Vysshaja shkola, 1990, 352 p.

ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ГОДА И ЛАКТАЦИИ НА СОСТАВ МОЛОКА КОЗ – ПРОДУЦЕНТОВ БИОАНАЛОГА ЛАКТОФЕРРИНА ЧЕЛОВЕКА

А. И. Будевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е. В. Петрушко, научный сотрудник

Д. М. Богданович, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

В. Н. Кузнецова, научный сотрудник

Ю. К. Кирикович, научный сотрудник

Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной академии
наук Беларуси по животноводству», Жодино,
Республика Беларусь
E-mail: budevich7388100@mail.ru

Ключевые слова: биоаналог лактоферрина человека, козы-продуценты, лактация, рекомбинантный человеческий лактоферрин, сезон года, трансгенные животные, физико-химические показатели, молоко

Реферат. Установлена сезонная вариабельность физико-химических показателей молока как обычных коз, так и животных–продуцентов биоаналога лактоферрина человека. Средние значения массовой доли жира, белка, лактозы, СОМО, показателя плотности во втором и третьем кварталах были ниже по сравнению с первым и четвертым. При этом разница между весенне-летним и осенне-зимним периодами в массовой доле жира составила 25 %, в массовой доле белка, лактозы, СОМО, плотности – 5–7 %. Сравнительный анализ молока коз–продуцентов биоаналога лактоферрина человека различных лактаций позволил выявить ряд изменений в физико-химическом составе сырья по сравнению с не-трансгенными животными: увеличение массовой доли белка на 4–6 % ($P<0,05$), лактозы – на 2–6 ($P<0,05$), СОМО – на 1–6, плотности – на 2–5 % ($P<0,05$), температуры заморзания – на 5 и снижение массовой доли жира на 5–8 % ($P<0,05$). При этом показатели активной и титруемой кислотности молока были аналогичны во всех группах животных. В то же время концентрация лактоферрина человека в молоке продуцентов второй и третьей лактации имела практически идентичные сезонные изменения усиления и ослабления синтеза лактоферрина в молочной железе в течение года: в первом квартале – 2,88 и 2,97 г/л, во втором – 4,76 и 4,63, в третьем – 7,44 и 7,55 и в четвертом – 7,97 и 6,72 при среднегодовом значении показателя 5,84 и 5,72 г/л соответственно.

INFLUENCE OF THE SEASON AND LACTATION ON THE MILK COMPOSITION OF GOATS-PRODUCERS OF BIOSIMILAR HUMAN LACTOFERRIN

A. I. Budevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor

E. V. Petrushko, Researcher

D. M. Bogdanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

V. N. Kuznetsova, Researcher

Iu. K. Kirikovich, Researcher

Republic Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Livestock”, Zhodino, Republic of Belarus

Key words: biosimilar human lactoferrin, producer goats, lactation, recombinant human lactoferrin, season, transgenic animals, physicochemical parameters, milk.

Abstract. The seasonal variability of the physicochemical parameters of milk of both ordinary goats and goats producers of a biosimilar human lactoferrin has been established. The average values of the mass fraction of fat, protein, lactose, nonfat milk solids, density index in the second and third quarters were lower than in the first and fourth quarters. At the same time, the difference between the spring-summer and autumn-winter periods in the mass fraction of fat was 25 %. In the mass fraction of protein, lactose, nonfat milk solids, density it was 5–7 %. Comparative analysis of milk from goats-producers of a biosimilar human lactoferrin of various lactations revealed a number of changes in the physicochemical composition of raw materials in comparison with non-transgenic animals: an increase in the mass fraction of protein by 4–6 % ($P < 0.05$), of lactose by 2–6 ($P < 0.05$), nonfat milk solids by 1–6, density by 2–5 % ($P < 0.05$), freezing temperature by 5 and a decrease in the mass fraction of fat by 5–8 % ($P < 0, 05$). At the same time, the indicators of active and titratable acidity of milk were similar in all groups of animals. At the same time, the concentration of human lactoferrin in the milk of producers of the second and third lactation had almost identical seasonal changes in the increase and decrease in the synthesis of lactoferrin in the mammary gland during the year: in the first quarter – 2.88 and 2.97 g/l, in the second – 4.76 and 4.63, in the third – 7.44 and 7.55 and in the fourth – 7.97 and 6.72 with an average annual value of 5.84 and 5.72 g/l, respectively.

Лактоферрин (ЛФ) является многофункциональным гликопротеином, находящимся в различных жидкостях организма, включая молоко млекопитающих, слюну, слезную жидкость, бронхиальную слизь, секреты желудочно-кишечного тракта и мочу, данный белок также присутствует в нейтрофильных гранулах лейкоцитов.

Установлен широкий спектр активностей лактоферрина, таких как противовирусные, антимикробные, противогрибковые, противопаразитарные, иммуномодулирующие и антиоксидантные [1]. Лактоферрин как многофункциональный белок, участвующий в важнейших физиологических процессах организма, поставлен в один ряд с перспективными источниками для разработки инновационных лекарственных средств по различным направлениям использования, что вполне очевидно, принимая во внимание его биологическую активность [2]. Кроме того, ЛФ-фрагменты – лактоферрицины, находящиеся внутри белковой молекулы ЛФ и получаемые при действии протеолитических ферментов, обладают еще большими физиологическими эффектами по сравнению с интактным лактоферрином ввиду их многочисленных биоактивных свойств: были показаны мощные эффекты лактоферрицинов в лечении различных инфекционных заболеваний, вызванных бактериями, грибами и простейшими у людей и животных [3].

Ранее установлено, что ЛФ обладает противовирусной активностью в отношении ряда РНК- и ДНК-содержащих вирусов [4], использующих поверхностные молекулы клеточной мембраны, такие как гепаран-сульфат-протеогликаны (HSPG), для проникновения в клетки, в том числе для прикрепления вируса SARS-CoV-2 [5]. При этом ЛФ может предотвращать интернализацию некоторых вирусов после связывания с HSPG, присутствующими в большинстве клеток, что в последнее время послужило основанием для предположения о важной роли ЛФ в иммунной защите человека от инвазии COVID-19 [6]. Кроме того, в опытах на животных моделях и в ряде клинических испытаний применение ЛФ инициировало устойчивое снижение концентрации в крови ряда воспалительных медиаторов (IL-1 β , IL-6, TNF- α), дисбаланс которых способен вызывать «цитокиновый шторм» у пациентов с тяжелым течением заболевания COVID-19 [7], которое распространилось более чем в 200 странах мира в течение трех месяцев и имеет более высокий уровень смертности (~3 %) по сравнению с пандемией H₁N₁ в 2009 г. (0,02 %) [8].

Основным источником лактоферрина служит молоко млекопитающих, причем белки, полученные из коровьего и человеческого сырья, по набору аминокислот совпадают лишь на 67%, а более высокая чувстви-

ность рецепторов человека к ЛФ из женского молока делает его более перспективным в использовании для нужд людей и предполагает наличие соответствующих ресурсов для масштабного производства данного белка [9].

В этих целях, используя технологию микроинъекции, рекомбинантный лактоферрин человека (рчЛФ) получили в молоке трансгенных коров и коз с концентрацией белка 0,2–2 и 0,311–0,576 мг/мл соответственно [10]. M. Wang et al. [11] сообщили о создании стада из более чем 200 трансгенных коров, продуцирующих активный рчЛФ с содержанием его в молоке 4,5–13,6 г/л. При этом рекомбинантный белок проявлял сходную ферментативную активность с естественным гликопротеином человека в связывании и высвобождении железа и может быть произведен в больших количествах (400–450 г в день) после переработки 100 л молока. Отмечалось, что у коров-продуцентов рчЛФ не наблюдалось никаких внешних изменений, физиологические и биохимические показатели крови были в пределах нормы, несмотря на то, что показатель общего белка был значительно выше по сравнению с молоком обычных животных.

Ранее сообщалось [12–14], что биоаналог лактоферрина человека, полученный в молоке коз-продуцентов, по своим физико-химическим параметрам не отличается от природного белка, выделенного из женского молока, при этом наличие стада трансгенных животных делает возможным производство данного гликопротеина в больших количествах. В свою очередь, синтез дополнительной чужеродной субстанции в молочной железе животного предопределяет физиологически обусловленное взаимодействие с процессом образования «эволюционно закрепленных» компонентов молока, изучение которого будет способствовать более эффективному использованию продуцентов для промышленного производства «белка интереса».

В связи с вышеизложенным цель работы заключалась в изучении влияния сезона года и лактации на физико-химические показатели

молока коз во взаимосвязи с продукцией биоаналога лактоферрина человека.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на Биотехнологическом научно-экспериментальном производстве по трансгенезу животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Изучались физико-химические показатели молока коз-продуцентов лактоферрина человека второго и третьего года лактации с определением концентрации рекомбинантного белка в молоке.

Молоко, предназначенное для исследований, получено от здоровых коз-продуцентов рчЛФ (опытная группа, n=22), а также нетрансгенных коз (контрольная группа, n=20) живой массой 35–40 кг. Условия кормления и содержания опытной и контрольной групп животных в течение всего периода исследований были одинаковыми. Учитывались данные периода лактации, который продолжался с января по ноябрь, а также данные от введенных в опыт животных взамен выбывших с учетным периодом с мая по декабрь.

Для изучения физико-химических показателей молоко группы коз перемешивалось, брались образцы в объеме 200–250 мл и помещались в холодильную камеру на срок не менее 2 ч для охлаждения до температуры 4 ± 2 °С. Определение массовой доли жира (%), массовой доли белка (%), плотности (°А), массовой доли СОМО (%), массовой доли лактозы (%), температуры замерзания (°С), активной кислотности (рН) и титруемой кислотности (°Т) выполнялись на ультразвуковом анализаторе молока Ekomilk ultra (Болгария).

Для определения рчЛФ в группах коз второй (n=11) и третьей (n=11) лактации отбор проб молока в объеме 1,5 мл проводился от каждого животного ежемесячно во время дневной дойки в индивидуальный передвижной доильный аппарат, исключая молочивный период, после чего пробирки с сы-

рьем замораживались в морозильной камере при -18°C .

Концентрацию лактоферрина в молоке определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа (ELISA) набором, разработанным ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины» (г. Санкт-Петербург), в соответствии с инструкцией производителя. Анализ проводился с использованием микропланшетного спектрофотометра Sunrise (Tecan, Австрия) и пакета программ Magellan 6 (Tecan, Австрия).

Полученные результаты были обработаны статистически с помощью приложения Statistica 13 (StatSoft). Анализ различий между опытной и контрольной группой был проведен с использованием критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что молочная продуктивность опытной и контрольной групп коз в исследуемый период различалась незначительно (табл. 1 и 2). Наибольший удой отмечен во втором-третьем кварталах (у коз второй лактации обеих групп – 0,9–1,4, у животных третьей – 0,7–0,9 л). Соответственно, снижение удоя наблюдалось в осенне-зимний период (первый и четвертый кварталы), когда изменялся рацион кормления коз, наступал сезон прихода животных в охоту и их осеменения, а также в период запуска и рождения козлят. В этот период у коз-продуцентов рчЛФ второго и третьего года лактации средняя продуктивность составила 0,6 л.

Сезонные изменения оказали влияние на показатели молока как контрольных, так и опытных групп коз. В середине лактации у всех групп животных значения массовой доли жира, белка, СОМО, показателя плотности, лактозы, титруемой кислотности во втором и третьем кварталах были ниже по сравнению с первым и четвертым. Так, межсезонная разница по массовой доле жира составила 25%, белка, СОМО, плотности, лактозы – 5–7%, тогда как значения pH и температуры

замерзания молока в весенне-летний период были на 2–7% выше, чем в осенне-зимний.

Полученные результаты согласуются с данными литературы [15], которые указывают на взаимосвязь сезонных факторов с продуктивностью и компонентным составом молока животных. При этом очевидно, что синтез дополнительного белка также мог повлиять на показатели молока коз-продуцентов рчЛФ.

Установлено, что показатели содержания белка, СОМО, лактозы, а также плотность сырья были достоверно выше ($P<0,05$) в молоке трансгенных коз по сравнению с обычными животными, при этом данное различие сохранялось на протяжении всего периода исследований и не зависело от сезона года.

Между группами трансгенных и обычных коз второго года лактации (см. табл. 1) статистически значимые различия в массовой доле белка в молоке (рис. 1) были отмечены во втором и третьем кварталах – 0,3 п.п. ($P<0,05$) и 0,2 п.п. ($P<0,05$) соответственно. Также продуценты рчЛФ второй лактации отличались более высокими значениями следующих показателей: СОМО – на 0,2 п.п. в первом квартале (9,2% в контроле против 9,4% в опытной группе, $P<0,05$); плотности молока ($P<0,05$) в четвертом квартале; массовой доли лактозы – на 0,3 п.п. (4,8% в контроле и 5,1% в опыте соответственно, $P<0,05$) в первом квартале).

В свою очередь, у коз-продуцентов рчЛФ третьей лактации (см. табл. 2) наблюдалось статистически значимое повышение массовой доли белка в молоке на протяжении всего исследуемого периода (рис. 2) – на 0,2 п.п. (3,3% в контроле и 3,5% в опыте, $P<0,05$) в первом-четвертом кварталах, статистически значимое увеличение СОМО в первом-третьем кварталах ($P<0,05$), плотность молока у трансгенных животных была выше в первом-третьем кварталах ($P<0,05$), а массовая доля лактозы в молоке коз-продуцентов в среднем по периоду была выше на 0,3 п.п. (4,7% в контроле и 5,0% в опыте ($P<0,05$)).

В то же время содержание жира в молоке коз-продуцентов было меньше по сравнению

Таблица 1

Продуктивность и физико-химические показатели молока коз второго года лактации
Productivity and physicochemical indicators of milk from goats of the second year of lactation

Показатель	Контрольная группа (n=20)				Опытная группа (n=22)				В среднем за период	
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	В среднем за период	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.		4-й кв.
Удой, л	0,50±0,05	1,40±0,06	0,90±0,05	0,50±0,05	0,83±0,21	0,70±0,17	1,40±0,07	0,90±0,04	0,50±0,05	0,88 ±0,19
Жир,%	4,80±0,32	2,90±0,15	3,50±0,18	4,20±0,60	3,90±0,41	4,60±0,19***	3,00±0,12	3,10±0,09	4,00±0,6	3,70±0,38
Белок,%	3,40±0,07	3,10±0,04	3,100,06	3,40±0,04	3,30±0,09	3,50±0,08	3,40±0,04***	3,30±0,03**	3,60±0,04	3,50±0,06
СОМО,%	9,20±0,16	8,20±0,11	8,40±0,18	8,60±0,12	8,60±0,22	9,40±0,18***	8,30±0,10	8,50±0,08	8,90±0,11	8,80±0,24
Плотность, °А	29,40±0,63	28,50±0,38	27,40±0,75	28,40±0,43	28,40±0,41	30,90±0,66	28,10±0,38	28,80±0,27	29,60±0,33*	29,40±0,60
Лактоза,%	4,80±0,01	4,50±0,06	4,50±0,07	4,70±0,06	4,60±0,08	5,10±0,11***	4,50±0,05	4,60±0,04	4,90±0,10	4,80±0,14
Температура замерзания, °С	-0,57±1,10	-0,54±0,72	-0,54±0,98	-0,56±0,69	-0,55±0,01	-0,60±1,08	-0,54±0,69	-0,54±1,06	-0,58±0,90	-0,58±0,02
Активная кислотность, рН	6,70±0,04	6,80±0,60	6,90±0,38	6,70±0,28	6,80±0,05	6,70±0,02	6,80±0,32	7,00±0,44	6,90±0,32	6,90±0,06
Титруемая кислотность, °Т	16,50±0,30	13,30±0,74	12,20±0,43	16,70±0,47	14,70±1,13	15,40±0,38	14,50±0,56	14,10±0,51	15,10±0,62	14,80±0,58

Примечание. Здесь и в табл. 2: ** P<0,01; *** P<0,001, рассчитаны для показателей опытной группы относительно показателей контрольной группы (парные сравнения, t-критерий Стьюдента). Данные представлены в виде среднего значения плюс-минус стандартная ошибка среднего (SEM).

Here and in table. 2: ** P<0.01; *** P<0.001, calculated for the indicators of the experimental group relative to the indicators of the control group (pairwise comparisons, Student t-test). Data are presented as mean ± standard error of the mean (SEM)

Таблица 2

Продуктивность и физико-химические показатели молока коз третьего года лактации
Productivity and physicochemical indicators of milk from goats of the third year of lactation

Показатель	Контрольная группа (n=20)				В среднем за период	Опытная группа (n=22)				В среднем за период
	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	
Удой, л	0,60±0,05	0,70±0,05	0,70±0,06	0,50±0,03	0,63±0,05	0,60±0,03	0,70±0,03	0,90±0,05	0,60±0,02	0,70±0,07
Жир, %	3,80±0,21	3,50±0,12	3,10±0,14	4,30±0,17	3,70±0,25	3,60±,09	3,10±0,07**	2,90±0,09	4,10±0,13	3,40±0,27
Белок, %	3,40±0,03	3,20±0,03	3,10±0,05	3,40±0,05	3,30±0,07	3,60±0,02****	3,40±0,03***	3,40±0,03****	3,60±0,04**	3,50±0,06*
СОМО, %	9,10±0,09	8,50±0,11	8,30±0,13	9,10±0,11	8,80±0,21	9,60±0,06****	9,00±0,08***	8,90±0,08***	9,20±0,09	9,20±0,15
Плотность, °А	30,50±0,26	28,50±0,33	28,00±0,38	30,40±0,41	29,40±0,64	32,60±0,22***	30,90±0,38***	30,50±0,30***	30,30±0,35	31,10±0,52*
Лактоза, %	4,90±0,05	4,60±0,06	4,50±0,07	4,90±0,07	4,70±0,10	5,30±0,03***	4,90±0,05***	4,90±0,04***	5,00±0,05	5,00±0,09*
Температура замерзания, °С	-0,59±0,49	-0,56±0,68	-0,54±0,82	-0,58±0,73	-0,57±0,01	-0,62±0,35	-0,59±0,55	-0,57±0,33	-0,59±0,55	0,59±0,01***
Активная кислотность, рН	6,90±0,03	6,90±0,02	6,90±0,04	6,70±0,02	6,90±0,05	6,90±0,02	6,90±0,02	7,10±0,18	6,70±0,02	6,90±0,08
Титруемая кислотность, °Т	12,30±0,54	11,80±0,43	12,90±0,56	16,20±0,20	13,30±0,99	12,10±0,20	11,80±0,41	11,00±0,52	16,50±0,30	12,90±1,24

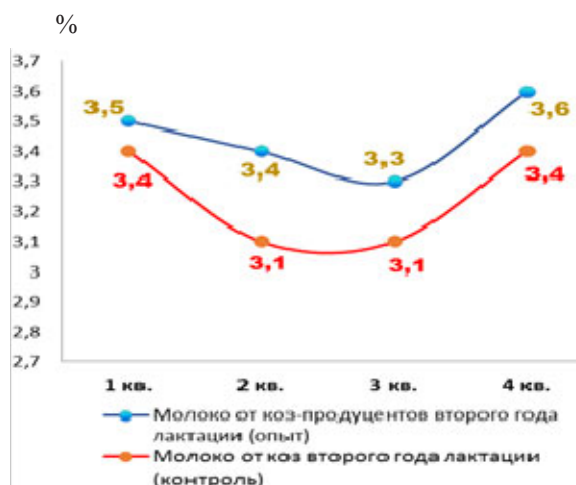


Рис. 1. Массовая доля белка в молоке коз опытной и контрольной группы второго года лактации
Mass fraction of protein in the milk of goats of the experimental and control groups of the second year of lactation

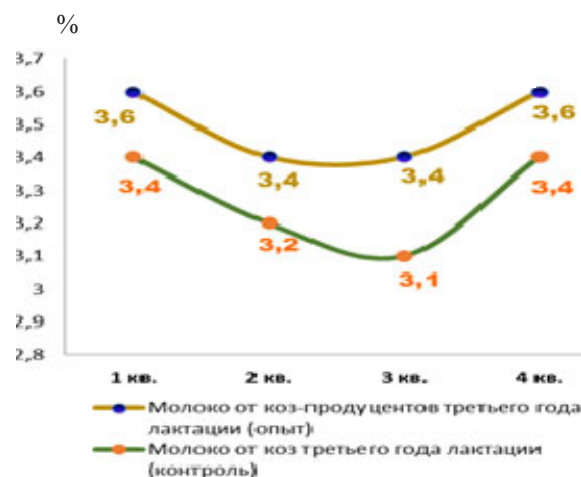


Рис. 2. Массовая доля белка в молоке коз опытной и контрольной группы третьего года лактации
Mass fraction of protein in the milk of goats of the experimental and control groups of the third year of lactation

с нетрансгенными животными (см. табл. 1 и 2). Так, разница между группами животных второго года лактации составила 0,2 п.п. в первом квартале (3,9 и 3,7% в контроле и опыте соответственно, $P < 0,05$) (рис. 3), а у коз третьей лактации – 0,3 п.п. во втором квартале (3,7% в контроле против 3,4% в опыте, $P < 0,05$) (рис. 4).

Вышеизложенные результаты исследований подтверждают полученные ранее данные у коз первого и второго года лактации [16]. Вероятно, выработка молочной железой еще

одного дополнительного компонента требует обеспечения некоего равновесия коллоидной системы молока, которое достигается физиологически обусловленной коррекцией синтеза его природных составляющих. При этом молоко животных-производителей соответствует предъявляемым требованиям к сырью, регламентированным соответствующей нормативно-технической документацией как для обычных, так и для трансгенных коз (ТУ ВУ 100098867.309–2012, ТУ ВУ 1000377914.518–2005).

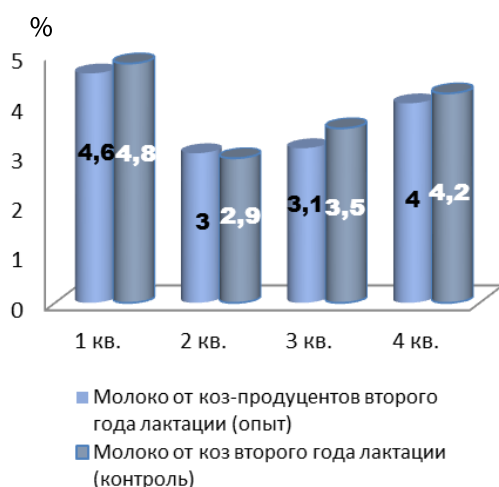


Рис. 3. Массовая доля жира в молоке коз опытной и контрольной группы второго года лактации
Mass fraction of fat in the milk of goats of the experimental and control groups of the second year of lactation

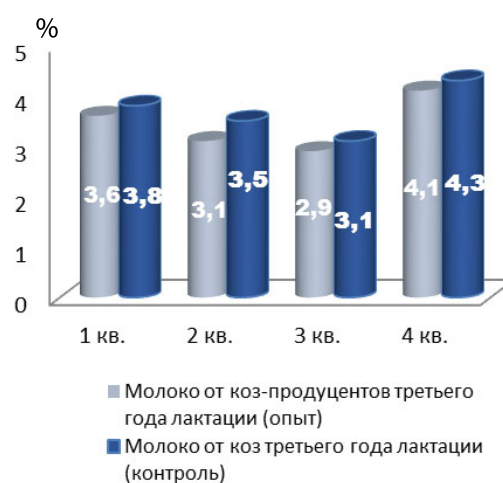


Рис. 4. Массовая доля жира в молоке коз опытной и контрольной группы третьего года лактации
Mass fraction of fat in the milk of goats of the experimental and control groups of the third year of lactation

Среднее значение показателя титруемой кислотности у групп животных второй лактации (опытной и контрольной) было в пределах 14,7–14,8°Т, у групп третьей – 12,9–13,3°Т, при этом значения показателя активной кислотности у этих же групп коз были идентичны – 6,8–6,9 (см. табл. 1 и 2).

Следует отметить некоторое снижение показателя температуры замерзания молока. Значения, полученные при тестировании продукта контрольных групп животных (второй и третьей лактации), находились в диапазоне от –0,54 до –0,59 °С, тогда как в молоке трансгенных групп от –0,54 до –0,62 °С. Вероятно, данный факт также связан с изменением компонентного состава молока.

Можно предположить, что различия в показателях молока сравниваемых групп трансгенных и нетрансгенных коз обусловлены сверхэкспрессией гена лактоферрина человека (в сравнении с экспрессией гена нативного козьего лактоферрина) в эпителиальных клетках молочной железы животных-продуцентов. Вместе с тем исследования показали, что изменения основных физико-химических показателей и состава молока, содержащего рчЛФ, не выходят за рамки предельно допустимых значений.

Таким образом, полученные результаты служат еще одним свидетельством гармоничной интродукции чужеродной ДНК-составляющей в геном реципиента.

В табл. 3 и 4 приведены данные по содержанию биоаналога лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов, которые свидетельствуют об активном синтезе белка у всех животных в течение исследуемого периода. Среднегодовой уровень содержания рекомбинантного белка составил 5,84 г/л у коз второй лактации и 5,72 г/л у животных третьей лактации (см. табл. 3 и 4, рис. 5).

Животные второй лактации вырабатывали на 0,12 г/л, или на 2%, больше белка по сравнению с козами третьего года лактации. Различия в количественном показателе рчЛФ в молоке трансгенных коз между группами животных второй и третьей лактации статистически недостоверны.

В исследуемый период концентрация белка изменялась следующим образом: в январе разница между группами составила 0,38 г/л, или 11%, с преимуществом животных третьей лактации; в феврале и марте отмечалась незначительное превосходство (на 2%) по количеству рчЛФ коз второго года лактации (см. рис. 5). В указанный период концентрация лактоферрина составила 2,74 и 2,98 г/л у коз второй лактации и 2,69 и 2,93 г/л у животных третьей лактации соответственно. В апреле отмечался незначительный спад продукции рекомбинантного белка у коз третьей лактации (2,85 против 3,28 г/л у животных второй лактации), средняя концентрация лактоферрина была ниже на 0,43 г/л, что составило 13%.

Как видно из данных табл. 3 и 4 и рис. 5, в мае уровень рчЛФ значительно увеличился и составил 4,93 и 4,97 г/л у второй и третьей исследуемых групп соответственно. Очевидно, в весенний период года в молочной железе активизируются процессы синтеза рчЛФ, что, вероятно, связано с изменением сезонных ритмов (увеличение продолжительности светового дня) и включением в рацион животных зеленых кормов.

Содержание рекомбинантного лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов было практически одинаковым в июне – 6,08 и 6,07 г/л у животных второй и третьей лактации соответственно и свидетельствовало об увеличении его концентрации по сравнению с маем. Разница между месяцами составила 19% у коз второго года лактации (6,08 г/л против 4,93) и 18% у животных третьего года (6,07 г/л против 4,97). В июле содержание белка в молоке продуцентов третьего года лактации за полгода превысило показатели животных второй лактации данного периода на 7,5%.

В августе содержание рчЛФ достигло отметки 7,78 и 7,74 г/л у коз второй и третьей лактации соответственно. С сентября отмечено снижение уровня продукции лактоферрина – разница между группами составила 2% (7,63 и 7,47 г/л соответственно), в октябре – 8% (7,39 и 6,8 г/л соответственно) и к но-

Таблица 3

Концентрация биоаналога лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов второй лактации, г/л
Concentration of a biosimilar human lactoferrin in the milk of goats-producers of the second lactation, g/l

Номер козы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Среднее содержание по году
3430	0,27	0,03	0,30	0,90	0,78	0,17	0,12	0,01	0,03	0,73	0,11	-	0,40±0,12
1978	2,80	2,44	1,94	0,76	2,81	4,14	7,64	6,7	3,79	4,97	5,02	-	3,91±0,62
0462	3,30	2,03	3,03	3,19	3,43	7,67	6,33	8,41	8,64	8,01	4,57	-	5,33±0,76
3465	4,45	3,59	3,30	2,98	6,69	6,87	7,44	10,2	11,4	11,8	12,20	-	7,36±1,07
0834	3,20	3,70	3,26	7,60	8,70	9,20	8,90	9,21	8,54	9,22	5,67	-	7,02±0,77
0850	3,31	2,02	3,51	2,04	4,49	5,33	8,23	7,17	8,61	9,12	7,81	-	5,60±0,81
0715	2,48	2,48	2,50	3,95	6,89	4,71	8,17	7,88	8,61	7,64	7,90	-	5,75±0,75
0777	3,79	2,34	2,96	4,07	2,42	4,49	5,88	6,64	5,97	3,96	3,10	-	4,15±0,44
3460	2,60	6,05	5,99	3,99	4,80	7,60	8,36	8,71	5,10	6,83	7,20	-	6,11±0,57
0847	-	-	-	-	7,83	8,67	6,98	10,4	11,9	8,32	11,30	8,34	9,22±0,62
0433	-	-	-	-	5,43	8,02	7,64	10,21	11,3	10,72	11,22	10,66	9,40±0,75
В среднем	2,91±0,39	2,74±0,54	2,98±0,50	3,28±0,69	4,93±0,74	6,08±0,79	6,88±0,73	7,78±0,88	7,63±1,09	7,39±0,96	7,01±1,07	9,5±1,16	5,84±0,77
В среднем по кварталу	2,88±0,48			4,76±0,74			7,44±0,9			7,97±1,06			-

Таблица 4

Концентрация биоаналога лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов третьей лактации, г/л
Concentration of a biosimilar human lactoferrin in the milk of goats-producers of the third lactation, g/l

Номер козы	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Среднее содержание по году
3426	2,36	1,49	2,15	2,71	1,79	4,35	6,58	8,10	8,10	8,03	5,82	-	4,62±0,82
3435	3,07	2,67	1,69	1,45	5,07	6,20	7,40	4,71	3,72	1,54	1,30	-	3,53±0,63
3443	2,32	2,6	3,16	3,13	3,17	7,71	7,43	8,32	8,12	7,19	3,73	-	5,17±0,76
3483	3,49	2,84	2,57	2,58	5,40	6,64	7,08	8,27	7,16	7,34	6,16	-	5,41±0,65
0832	4,90	2,38	2,85	2,10	2,24	5,13	7,56	8,20	7,73	7,42	4,41	-	4,99±0,73
0848	3,48	2,76	5,57	5,64	7,69	7,73	9,17	8,55	9,12	8,34	9,02	-	7,00±0,69
0752	3,17	3,94	2,85	2,60	3,44	1,78	7,05	8,10	8,20	8,42	8,00	-	5,23±0,81
3484	3,49	2,84	2,57	2,58	5,40	6,64	7,08	8,27	7,16	7,34	6,16	-	5,41±0,65
0814	-	-	-	-	5,41	7,82	8,97	9,10	8,14	5,95	7,58	6,99	7,50±0,47
0434	-	-	-	-	7,01	6,35	5,89	6,45	6,88	5,12	6,42	6,76	6,36±0,22
0934	-	-	-	-	8,04	6,45	7,50	7,06	7,83	8,12	7,84	8,21	7,63±0,21
В среднем	3,29±0,29	2,69±0,24	2,93±0,41	2,85±0,44	4,97±0,64	6,07±0,54	7,43±0,28	7,74±0,37	7,47±0,42	6,8±0,61	6,04±0,67	7,32±0,45	5,72±0,38
В среднем по кварталу	2,97±0,31			4,63±0,54			7,55±0,36			6,72±0,58			-

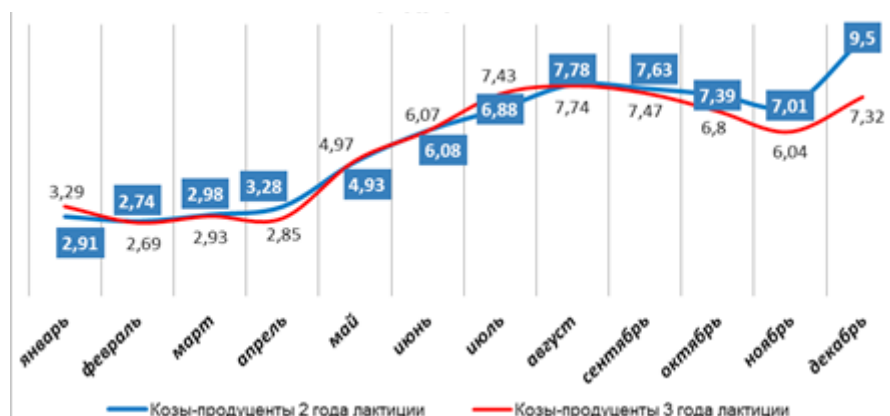


Рис. 5. Содержание рекомбинантного лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов в исследуемый период

Content of recombinant human lactoferrin in milk of goat producers during the study period

ября понизилась до 14% между группами (7,01 и 6,04 г/л соответственно). Постепенное уменьшение синтеза лактоферрина в молочной железе, по нашему мнению, можно связать с изменением сезонных ритмов и рациона животных. При этом была отмечена более высокая концентрация рекомбинантного белка у коз, анализ продукции которых осуществлялся с мая, в декабре – 9,5 и 7,32 г/л у животных второй и третьей лактации, что было выше уровня ноября на 26 и 17% соответственно. Можно предположить, что имел место физиологический сдвиг в синтезе белка у животных в связи с их поздними козлениями, что может быть использовано для регуляции в целях более равномерного производства лактоферрина в течение года.

Необходимо отметить, что коза № 3430 второго года лактации (см. табл. 3) имела существенно более низкий уровень продукции рчЛФ – от 0,01 до 1,11 г/л (в среднем 0,4 г/л), что в 14 раз меньше данного показателя по стаду (5,61 г/л). В этой связи своевременный мониторинг каждого животного на содержание лактоферрина в молоке является важнейшим фактором эффективности использования стада продуцентов при его промышленном производстве. По данным некоторых авторов [17], одной из причин низкой продукции «белка интереса» может являться позиционный эффект, когда происходит интеграция генной конструкции в неактивную область хромосомы, при этом процесс выработки це-

левого белка молочной железой замедляется или не происходит.

Установлено, что у животных как второй, так и третьей лактации наблюдались практически идентичные периоды усиления и ослабления синтеза лактоферрина в молочной железе в течение года: в первом квартале – 2,88 и 2,97 г/л, во втором – 4,76 и 4,63, в третьем – 7,44 и 7,55 и в четвертом – 7,97 и 6,72 при среднегодовом значении показателя 5,82 и 6,72 г/л соответственно (см. табл. 3 и 4, рис. 5).

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние сезона года и лактации на физико-химические показатели молока коз-продуцентов биоаналога лактоферрина человека и концентрацию рекомбинантного белка, учет которых будет способствовать более эффективному использованию трансгенных животных для промышленного производства данного гликопротеина.

2. Значения физико-химических показателей молока (белок, лактоза, СОМО, плотность, температура замерзания) у трансгенных животных как второго, так и третьего года лактации были достоверно выше на 1–6% ($P < 0,05$) по сравнению с обычными животными, при этом отмечалось снижение массовой доли жира в молоке коз-продуцентов рчЛФ на 5–8% ($P < 0,05$).

3. Концентрация рекомбинантного белка в молоке в течение года составила 5,84

г/л у коз второй лактации и 5,72 г/л у животных (летне-осенний) синтеза белка были практически идентичны у производителей обеих ослабления (зимне-весенний) и усиления лактаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Multifunctional* Iron Bound Lactoferrin and Nanomedicinal Approaches to Enhance Its Bioactive Functions / J. R. Kanwar [et al.] // *Molecules*. – 2015. – Vol. 20 (6). – P. 9703–9731.
2. *Antimicrobial* Activity of Lactoferrin-Related Peptides and Applications in Human and Veterinary Medicine / N. Bruni [et al.] // *Molecules*. – 2016. – Vol. 21. – P. 2–25.
3. *Preparation* and antimicrobial action of three tryptic digested functional molecules of bovine lactoferrin / N. Rastogi [et al.] // *PLoS ONE*. – 2014. – Vol. 9 (3). – e90011.
4. *Effect* of lactoferrin on taste and smell abnormalities induced by chemotherapy: A proteome analysis / A. Wang [et al.] // *Food Funct.* – 2018. – Vol. 9. – P. 4948–4958.
5. *Inhibition* of SARS pseudovirus cell entry by lactoferrin binding to heparan sulfate proteoglycans / J. Lang Wang [et al.] // *PLoS One*. – 2011. – Vol. 6 (8). – e23710.
6. *Liposomal* Lactoferrin as Potential Preventative and Cure for COVID-19 / G. Serrano [et al.] // *Int. J. of Research in Health Sciences*. – 2020. – Vol. 8. – P. 4–15.
7. *Lactoferrin*: Balancing ups and downs of inflammation due to microbial infections / M. E. Drago-Serrano [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2017. – Vol. 18 (3). – P. 1–25.
8. *Rosales-Mendoza S.* Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19? // *Expert Opinion on Biological Therapy*. – 2020. – Vol. 20 (6). – P. 1–4.
9. *Возможности* применения лактоферрина у детей первого года жизни / П.Е. Садчиков [и др.] // *В практику педиатра*. – 2016. – Т. 13, № 6. – С. 607–613.
10. *One-step* multiplex transgenesis via sleeping beauty transposition in cattle / W. Garrels [et al.] // *Sci. Rep.* – 2016. – Vol. 6. – DOI: 10.1038/srep21953.
11. *Large-scale* production of recombinant human lactoferrin from high-expression, marker-free transgenic cloned cows / Ming Wang [et al.] // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7. – DOI:10.1038/s41598-017-11462-z.
12. *Recombinant* human lactoferrin from transgenic goats: isolation and physicochemical properties / I. Semak [et al.] // *The Xth International Conference on Lactoferrin, Structure, Function and applications*, 08–12 May, 2011. Mazatlan, Mexico. – P-VI-6. – P. 74.
13. *Recombinant* human lactoferrin expressed in transgenic goats / A. Budzevich [et al.] // *The Xth International Conference on Lactoferrin, Structure, Function and applications*, 08–12 May, 2011. Mazatlan, Mexico. – O-VI-2. – P. 66.
14. *Development* of dairy herd of transgenic goats as biofactory for large-scale production of biologically active recombinant human lactoferrin / I. Semak [et al.] // *Transgenic Research*. – 2019. – Vol. 28. – P. 465–478.
15. *Seasonal* variations of saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions / N. V. Kljajevic [et al.] // *J. Food Sci. Technol.* – 2018. – Vol. 55 (1). – P. 299–303.
16. *Характеристика* физико-химических показателей молока коз–производителей лактоферрина человека / Е.В. Петрушко [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр.* – Жодино, 2016. – Т. 51, ч. 2. – С. 208–216.
17. *Productions* and processing of milk from transgenic goats expressing human 7 lysozyme in the mammary gland / E. A. Maga [et al.] // *J. of Dairy Sci.* – 2006. – Vol. 89, N 2. – P. 518–524.

REFERENCES

1. Kanwar J.R. et al., Multifunctional Iron Bound Lactoferrin and Nanomedicinal Approaches to Enhance Its Bioactive Functions, *Molecules*, 2015, Vol. 20 (6), pp. 9703–9731.
2. Bruni N. et al., Antimicrobial Activity of Lactoferrin-Related Peptides and Applications in Human and Veterinary Medicine, *Molecules*, 2016, Vol. 21, pp. 2–25.
3. Rastogi N. et al., Preparation and antimicrobial action of three tryptic digested functional molecules of bovine lactoferrin, *PLoS ONE*, 2014, Vol. 9 (3), e90011.
4. Wang A. et al., Effect of lactoferrin on taste and smell abnormalities induced by chemotherapy: A proteome analysis, *Food Funct.*, 2018, Vol. 9, pp. 4948–4958.
5. Lang Wang J. et al., Inhibition of SARS pseudovirus cell entry by lactoferrin binding to heparan sulfate proteoglycans, *PLoS One*, 2011, Vol. 6 (8), e23710.
6. Serrano G. et al., Liposomal Lactoferrin as Potential Preventative and Cure for COVID-19, *Int. J. of Research in Health Sciences*, 2020, Vol. 8, pp. 4–15.
7. Drago-Serrano M.E. et al., Lactoferrin: Balancing ups and downs of inflammation due to microbial infections, *Int. J. Mol. Sci.*, 2017, Vol. 18 (3), pp. 1–25.
8. Rosales-Mendoza S., Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19?, *Expert Opinion on Biological Therapy*, 2020, Vol. 20 (6), pp. 1–4.
9. Sadchikov P.E. et al., *V praktiku pediatrii*, 2016, Vol. 13, No. 6, pp. 607–613. (In Russ.)
10. Garrels W. et al., One-step multiplex transgenesis via sleeping beauty transposition in cattle, *Sci. Rep.*, 2016, Vol. 6, DOI: 10.1038/srep21953.
11. Ming Wang et al., Large-scale production of recombinant human lactoferrin from high-expression, marker-free transgenic cloned cows, *Scientific Reports*, 2017, Vol. 7, DOI:10.1038/s41598-017-11462-z.
12. Semak I. et al., Recombinant human lactoferrin from transgenic goats: isolation and physicochemical properties, *The Xth International Conference on Lactoferrin, Structure, Function and applications*, 08–12 May, 2011. Mazatlan, Mexico, P-VI-6, p. 74.
13. Budzevich A. et al., Recombinant human lactoferrin expressed in transgenic goats, *The Xth International Conference on Lactoferrin, Structure, Function and applications*, 08–12 May, 2011. Mazatlan, Mexico, O-VI-2, p. 66.
14. Semak I. et al., Development of dairy herd of transgenic goats as biofactory for large-scale production of biologically active recombinant human lactoferrin, *Transgenic Research*, 2019, Vol. 28, pp. 465–478.
15. Kljajevic N.V. et al., Seasonal variations of saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions, *J. Food Sci. Technol.*, 2018, Vol. 55 (1), pp. 299–303.
16. Petrushko E.V. et al., *Zootehnicheskaya nauka Belarusi* (Zootechnical science of Belarus), Zhodino, 2016, Vol. 51 (2), pp. 208–216. (In Russ.).
17. Maga E.A. et al., Productions and processing of milk from transgenic goats expressing human 7 lysozyme in the mammary gland, *J. of Dairy Sci.*, 2006, Vol. 89 (2), pp. 518–524.

**КАЧЕСТВО СПЕРМЫ БЫКОВ КРАСНЫХ ПОРОД ОАО ПЛЕМПРЕДПРИЯТИЕ
«БАРНАУЛЬСКОЕ» И УСТОЙЧИВОСТЬ ЕЁ К КРИОКОНСЕРВАЦИИ**

¹А.И. Желтиков, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

¹Т.В. Коновалова, старший преподаватель

¹О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

¹В.В. Ильин, кандидат биологических наук

²П.Н. Пальчиков

¹О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

¹В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

¹М.В. Стрижкова, кандидат биологических наук

¹О.А. Зайко, кандидат биологических наук

¹В.Г. Маренков, кандидат биологических наук, доцент

¹К.Н. Нарожных, кандидат биологических наук

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²АО «Новосибирскагроплем», Новосибирск, Россия

E-mail: sebezkhkonok@ngs.ru

Ключевые слова: красная степная, красная датская, англеская породы, бык-производитель, сперма, спермопродукция, эякулят, криоконсервация

Реферат. Приведена характеристика быков-производителей красных пород ОАО Племпредприятие «Барнаульское» по качеству спермы и устойчивости её к криоконсервации. В районе разведения племпредприятия исследовали пробы воды, почвы, кормов на содержание тяжелых металлов. В изученных пробах не выявлено превышения ПДК. Результаты исследования обработаны на персональном компьютере с использованием популяционно-статистических методов. У быков англеской породы получено наибольшее количество эякулятов, непригодных для криоконсервации, составившее 20,6 %. По этому показателю они превзошли на 4,1–7,8 % производителей красной датской и красной степной пород. У животных последней породы выявлено наименьшее количество (1,7 %) эякулятов, выбракованных после размораживания. У быков англеской породы этот показатель составил 5,95 %, у красных датских – 2,95 %, что в 3,52 и 1,75 раза выше по сравнению с красными степными производителями ($P < 0,01–0,001$). Установлены значительные различия между отдельными быками красной степной породы по количеству выбракованных до криоконсервации эякулятов (2,84–22,29 %) и после размораживания (0–7,09 %). Различия между породами по частоте выбракованных эякулятов до замораживания и после криоконсервации свидетельствуют об определенной роли наследственности в устойчивости животных по этим показателям. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между этими признаками составил 0,312, что указывает на возможность предварительной оценки и отбора быков по первому показателю. Но окончательную оценку быка-производителя можно сделать по частоте выбракованных эякулятов после размораживания. Предлагается рассмотреть вопрос о дополнительном учете в селекционных программах устойчивости семени быков-производителей к криоконсервации.

THE QUALITY OF THE SPERM OF RED BREEDS BULLS OF OAO BARNAULSKOE BREEDING ENTERPRISE AND ITS RESISTANCE TO CRYOPRESERVATION

¹A.I. Zheltikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹T.V. Konovalova, Senior lecturer

¹O.I. Sebezhko, Candidate of Biological Sciences, Associate professor

¹V.V. Ilyin, Candidate of Biological Sciences

²P.N. Palchikov

¹O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹M.V. Strizhkova, Candidate of Biological Sciences

¹O.A. Zayko, Candidate of Biological Sciences

¹V.G. Marenkov, Candidate of Biological Sciences, Associate professor

¹K.N. Narozhnykh, Candidate of Biological Sciences

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²AO Novosibirskagroplem, Novosibirsk, Russia

Key words: red steppe, red Danish, Angler breeds, breeding bull, sperm, sperm production, ejaculate, cryopreservation.

Abstract. *The characteristic of bulls-producers of red breeds of OAO Barnaulskoe breeding enterprise on the quality of sperm and its resistance to cryopreservation are presented. The breeding enterprise has examined samples of water, soil, feed for the content of heavy metals. In the studied samples, no excess of the LOC was found. The research results were processed on a PC using population statistics methods. Angler bulls produced the largest amount of ejaculates unsuitable for cryopreservation. It is 20.6%. According to this indicator, they surpassed the producers of red Danish and red steppe breeds by 4.1-7.8%. The animals of the latter breed showed the smallest amount (1.7%) of ejaculates rejected after defrost. In Angler bulls, this indicator was 5.95%, in red Danish bulls it was 2.95%, which is 3.52 and 1.75 times higher than in red steppe breeders ($P < 0.01-0.001$). Significant differences were established between individual bulls of the red steppe breed in the number of ejaculates rejected before cryopreservation (2.84-22.29%) and after defrost (0-7.09%). The differences between breeds in the frequency of rejected ejaculates before freezing and after cryopreservation indicate a certain role of heredity in the resistance of animals for these indicators. Spearman's rank correlation coefficient between these traits was 0.312. It indicates the possibility of preliminary assessment and selection of bulls according to the first indicator. But the final assessment of the bull-producers can be made by the frequency of rejected ejaculates after thawing. We propose to consider the issue of additional accounting in breeding programs for the resistance of the seed of bulls-producers to cryopreservation.*

Красная степная порода крупного рогатого скота является одной из наиболее распространённых в Алтайском крае. поголовье этого скота в регионе составляет 23–27,7% от всех пробонитированных животных [1, 2].

На протяжении 40 лет в Российской Федерации проводится масштабная работа по созданию новых пород и типов крупного рогатого скота [3–6]. В Сибири созданы и утверждены порода Сибирячка, а также ирменский, приобский, красноярский и прибайкальский типы в чёрно-пёстрой породе

[7–11]. В Алтайском крае и Омской области для совершенствования красного степного скота широко используются производители англеской, красной датской и красно-пёстрой голштинской пород, что позволило создать кулундинский и сибирский типы [12,13].

При создании новых пород и типов сельскохозяйственных животных некоторые авторы предлагают использовать в качестве новых селекционных признаков резистентность животных к болезням [11–17] и устойчивость

к накоплению тяжёлых металлов в органах и тканях [18–22].

В скотоводстве для увеличения продуктивности большое внимание необходимо уделять воспроизводству стада, которое во многом определяется качеством спермопродукции [23–25]. В производственных условиях основными параметрами отбора эякулятов на замораживание являются активность и концентрация сперматозоидов. Для криоконсервации используют эякуляты с активностью сперматозоидов не менее 8 баллов и их концентрацией не менее 0,8 млрд/мл. Эякуляты, не отвечающие этим требованиям, подлежат выбраковке [26].

Цель исследования – оценить при криоконсервации качество эякулятов быков-производителей красных пород Алтайского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являются эякуляты быков до криоконсервации и после размораживания. Исследования проведены в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» на быках-производителях красной степной, англеской и красной датской пород. По каждой породе проведена оценка производителей по количеству полученных от них эякулятов, выбракованных эякулятов до замораживания и после

криоконсервации. В том числе оценены 7 быков красной степной породы по объёму эякулята, а также по количеству эякулятов, выбракованных до и после криоконсервации.

В зоне разведения животных исследовали воду, почву, растения, органы и ткани животных на уровень тяжёлых металлов, который не превышал ПДК [27, 28].

Результаты исследования обработаны на персональном компьютере с использованием популяционно-статистических методов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведена оценка быков англеской, красной датской и красной степной пород по количеству эякулятов, непригодных для криоконсервации. Количество быков отдельных пород изменялось от 9 до 45, общее количество полученных эякулятов – от 2115 до 9180, а в расчёте на одного быка – от 204 до 262. Наибольшее количество эякулятов, выбракованных до криоконсервации, выявлено у быков-производителей англеской породы (20,6%), наименьшее (12,8%) – у красной степной. Первая порода по этому показателю превзошла остальные две на 4,1–7,8% абс. ($P < 0,001$). Разность между красной датской и красной степной породами по количеству

Таблица 1

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов до криоконсервации
Influence of the breed of bulls on the rejection of ejaculates before cryopreservation

Порода	Количество быков	Количество эякулятов			
		от одного быка	всего	выбраковано до замораживания	
				шт.	%±S _ж
Англеская	9	235	2115	435	20,57±0,88
Красная датская	11	262	2882	475	16,48±0,69
Красная степная	45	204	9180	1171	12,76±0,35

выбракованных до криоконсервации эякулятов составила 3,72% ($P < 0,001$).

Учитывая, что производители разных пород содержались и использовались в одном и том же племпредприятии, можно сделать вывод о роли наследственности в проявлении

данного признака, т.е. активность и концентрация сперматозоидов, по которой выбраковываются эякуляты до замораживания, во многом зависит от породной принадлежности быков.

Влияние породы на частоту выбраковки эякулятов после размораживания не менее

выраженно, чем аналогичные показатели до криоконсервации. Из табл. 2 видно, что частота выбраковки эякулятов у быков англеской породы составила 5,95%, что в 3,52 раза выше по сравнению с производителями красной степной породы ($P<0,001$). Быки по-

следней породы характеризовались большей устойчивостью к криоконсервации гамет и в сравнении с производителями красной датской породы. Разность между ними составила 1,26% ($P<0,001$). Достоверные различия между тремя группами пород по частоте вы-

Таблица 2

Влияние породы быков на выбраковку эякулятов после криоконсервации
Influence of the breed of bulls on the rejection of ejaculates after cryopreservation

Порода	Количество быков	Количество эякулятов		
		замороженных	выбраванных после размораживания	
			шт.	%±S _н
Англеская	9	1680	100	5,95±0,58
Красная датская	11	2407	71	2,95±0,34
Красная степная	45	8009	135	1,69±0,14

браковки эякулятов после размораживания также свидетельствуют о влиянии наследственности на устойчивость сперматозоидов к криоконсервации.

Оценка быков-производителей красной степной породы по количеству непригодных для криоконсервации эякулятов показала более широкое их разнообразие по этому признаку в сравнении с межпородной изменчивостью (табл. 3). Количество выбракованных до замораживания эякулятов изменялось от 2,8% у быка Юга 5000 до 22,3% у производителя Винокура 5410. По этому признаку последний производитель превосходил остальных быков, за исключением Южака 248, на 14,07–19,45% абс. ($P<0,001$). В свою очередь, Южак 248 по частоте выбраковки эякулятов

на 11,11–16,49% превышал остальных быков, за исключением Винокура 5410 ($P<0,001$).

Выявлены достоверные различия по этому признаку и между некоторыми другими производителями. Так, у Юга 5000 и Циника 7145 (рисунок) частота выбраковки эякулятов была на 3,4–5,4% ниже по сравнению с быками Лубком 4991 и Демоном 5400 ($P<0,05–0,001$).

Прослеживается определённая ассоциация между количеством выбракованных эякулятов и их объёмом. С уменьшением последнего первый показатель увеличивается. Так, в группе быков с объёмом эякулята меньше 4,0 мл количество выбракованных до криоконсервации эякулятов превысило 19%, с объёмом более 5 мл – менее 7%. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между объ-

Таблица 3

Частота выбраковки эякулятов до криоконсервации у отдельных быков красной степной породы
Frequency of rejection of ejaculates before cryopreservation in individual bulls of the red steppe breed

Кличка и номер быка	Количество эякулятов			Объём одного эякулята, мл
	всего	выбравано до замораживания		
		шт.	%	
Винокур 5410	462	103	22,29±1,93	3,76
Южак 248	476	92	19,33±1,81	3,27
Демон 5400	547	45	8,22±1,17	4,34
Лубок 4991	317	21	6,62±1,40	5,30
Ропот 3451	102	6	5,88±2,34	5,10
Циник 7145	492	16	3,25±0,80	5,88
Юг 5000	317	9	2,84±0,92	5,56



Бык-производитель Циник 7145 (красная степная порода, линия Корбитца 16496)
Bull-producer Cynic 7145 (red steppe breed, Korbitz line 16496)

ёмом одного эякулята и выбраковкой до криоконсервации составил $-0,893$.

После размораживания вся сперма Циника 7145 и Юга 5000 оказалась пригодной для осеменения маточного состава коров (табл. 4). У остальных пяти быков-производителей количество выбракованных эякулятов изменялось от 0,56 до 7,1 %. По

количеству выбракованных эякулятов после размораживания Лубок 4991 превосходил Демона 5400, Южак 248 и Винокура 5410 ($P < 0,001$) на 5,89–6,53 %, а Рокот 3451 превзошёл по данному показателю этих же производителей на 5,05–5,69 % ($P < 0,05$). Коэффициент ранговой корреляции Спирмена, рассчитанный между частотой

Таблица 4

Частота выбраковки эякулятов после размораживания у отдельных быков красной степной породы
Frequency of rejection ejaculates after defrost in individual bulls of the red steppe breed

Кличка и номер быка	замороженных	Количество эякулятов	
		выбракованных после размораживания	
		шт.	%
Лубок 4991	296	21	$7,09 \pm 1,50$
Ропот 3451	96	6	$6,25 \pm 2,47$
Демон 5400	502	6	$1,20 \pm 0,49$
Южак 248	384	3	$0,78 \pm 0,45$
Винокур 5410	359	2	$0,56 \pm 0,39$
Циник 7145	476	0	$0 \pm 0,47$
Юг 5000	308	0	$0 \pm 0,57$

той выбраковки эякулятов до криоконсервации и после размораживания по семи быкам красной степной породы оказался положительным и составил 0,312. Это указывает на возможность предварительной оценки и отбора быков по первому показателю, но окончательную оценку производителя мож-

но сделать по частоте выбракованных эякулятов после размораживания. Поэтому возможно включение в селекционные программы в качестве дополнительного признака оценки производителей по устойчивости семени к криоконсервации.

ВЫВОДЫ

1. Быки трёх красных пород в ОАО Племпредприятие «Барнаульское» различались по качеству спермопродукции, которое было выше у отечественного красного степного скота. Количество выбракованных до криоконсервации эякулятов у производителей этой породы составило 12,8%, что на 3,7 и 7,8% меньше по сравнению с красной датской и англерской породами. После размораживания количество выбракованных эякулятов в группе красных степных быков составило 1,69%, или на 1,26 и 4,26% ниже, чем у красных датских и англерских производителей.

2. Анализ качества эякулятов семи быков красной степной породы показал более ши-

рокое их разнообразие по сравнению с межпородной изменчивостью. Так, количество выбракованных до криоконсервации эякулятов изменялось от 2,84% у быка Юга 5000 до 22,29% у Винокура 5410. После размораживания вся спермопродукция производителей Юга 5000 и Циника 7145 была пригодна для осеменения маточного состава. У остальных пяти быков количество выбракованных эякулятов изменялось от 0,56% у Винокура 5410 до 7,09% у Лубка 4991.

3. В качестве дополнительного селекционируемого признака, по-видимому, следует рассмотреть вопрос о включении в селекционные программы оценки быков-производителей по устойчивости их семени к криоконсервации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солошенко В.А., Клименок И.И., Хлебников И.К. Стратегические направления интенсификации молочного скотоводства Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 10 (202). – С. 68–77.
2. Устойчивость красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В.В. Ильин, А.И. Желтиков, О.С. Короткевич [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 65–68.
3. Проблемы селекции сельскохозяйственных животных / Б.Н. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1997. – 283 с.
4. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L.V. Osadchuk, M. A. Kleshchev, O.I. Sebezhko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Т. 31, N 1. – С. 35–42.
5. Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.]. // Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. – 2014.
6. Association of polymorphism of κ -casein gene and its relationship with productivity and qualities of a cheese production / V.A. Soloshenko, G.M. Goncharenko, N.B. Grishina [et al.]. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Т. 7, N 5. – С. 982–989.
7. Голубков А.И., Луценко А.Е. Состояние и перспективы разведения внутрипородного типа «Красноярский» чёрно-пёстрой породы // Вестник Красноярского ГАУ. – 2016. – № 1 (112). – С. 134–140.
8. Деева В.С., Лабузова И.М., Романова В.В. Ирменский тип чёрно-пёстрого скота: характеристика и селекционно-биологические признаки. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2009. – 135 с.
9. Клименок И., Герасимчук Л., Уфимцева Н. Новый тип скота «Приобский» // Животноводство России. – 2006. – № 4. – С. 38.
10. Крупный рогатый скот (*Bos primigenius* Bojanus) Сибирячка: пат. на селекционное достижение RUS № 9498 / Д.С. Адушинов, Х.А. Амерханов, Е.А. Берш [и др.]. – Заявл.

- 16.06.2015; зарегистрировано в государственном реестре охраняемых селекционных достижений 08.02.2018.
11. *Чёрно-пёстрый* скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 500 с.
12. Дунин И., Князева Т., Тюриков В. Тип кулундинский // Молочное и мясное скотоводство. – 2009. – № 1. – С. 21.
13. Дунин И., Князева Т., Тюриков В. Тип сибирский // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 5. – С. 19.
14. Патент на изобретение RUS № 2032336. Способ отбора быков-производителей по устойчивости к лейкозу / Л.К. Эрнст, В.П. Шишков, В.Л. Петухов [и др.]. – Заявл. 27.09.90; опубл. 10.04.95. – Бюл. № 10.
15. Патент на изобретение RUS № 2058075. Способ отбора быков-производителей по устойчивости к бруцеллёзу / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.Г. Незавитин, А.И. Желтиков [и др.]. – Заявл. 19.04.94; опубл. 27.04.96. – Бюл. № 12.
16. Патент на изобретение RUS № 2191506. Способ комплексного отбора семейств крупного рогатого скота по устойчивости к болезням / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – Заявл. 23.06.2000; опубл. 27.10.02. – Бюл. № 30.
17. Патент на изобретение RU 2058733 С1. Способ отбора крупного рогатого скота на устойчивость к туберкулезу / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – Заявка № 93031684/15 от 15.06.1993; опубл. 27.04.1996.
18. Heavy metals in pig muscles / О.А. Zaiko, V.L. Petukhov, T. V. Konovalova [et al.] // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – 2014. – P. 76.
19. Межвидовые различия по концентрации тяжёлых металлов в производных кожи животных / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–26. – С. 5815–5819.
20. 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.
21. Адушинов Д., Кузнецов А. Экстерьерные особенности коров прибайкальского типа чёрно-пёстрой породы // Главный зоотехник. – 2011. – № 5. – С. 23–25.
22. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1447.
23. Нарожных К.Н. Изменчивость, корреляция и уровень тяжёлых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
24. Стрижкова М.В. Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2018. – 131 с.
25. Турчанов С. Биологическая ценность оттаянной спермы быков // Главный зоотехник. – 2009. – № 12. – С. 7–8.
26. Никитина Е.В., Шапиев И.Ш. Использование спермы быков с низкой концентрацией и активностью сперматозоидов для криоконсервации // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 7. – С. 49–51.
27. Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankov, N.S. Borisova [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – T. 9, N 6. – С. 958–964.

28. *Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with dc arc excitation sources* / A. R. Tsygankova, A. V. Kuptsov, A. I. Saprykin [et al.]. // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 9, N. – С. 601–605.

REFERENCES

1. Soloshenko V.A., Klimenok I.I., Khlebnikov I.K., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2009, No. 10 (202), pp. 68–77. (In Russ.)
2. Il'in V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Konovalova, T.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No. 4, pp. 65–68. (In Russ.)
3. Panov B.L., Petuhov V.L., Jernst L.K., Gudilin I.I., Kulikova S.G., Korotkevich O.S., Dement'ev 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 selektsii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* (Breeding problems for farm animals), Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe predpriyatie RAN, 1997, 283 s.
4. Osadchuk L. V., Kleshchev M. A., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Shishin N. I., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.
5. Korotkevich O. S., Lyukhanov M. P., Petukhov V. L., Yudin, N.S., Sebezhko O.S., Konovalova T. V., Kamaldinov E. V., Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia, *Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 2014.
6. Soloshenko V.A., Goncharenko G.M., Petukhov V.L., Grishina N.B., Shishin N.I., Kamaldinov E. V., *Association of polymorphism of κ -casein gene and its relationship with productivity and qualities of a cheese production*, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, Vol. 7, No. 5, pp. 982–989.
7. Golubkov A.I., Lushchenko A.E., *Vestnik Krasnoyarskogo GAU*, 2016, No. 1 (112), pp. 134–140. (In Russ.)
8. Deeva V. S., Labuzova I. M., Romanova V. V., *Irmenskij tip chjorno-pjostrogo skota: harakteristika i selekcionno-biologicheskie priznaki* (Irmen type of black-and-white cattle: characteristics and selection and biological characteristics), Novosibirsk: RASKhN SO, 2009, 135 p. (In Russ.)
9. Klimenok I., Gerasimchuk L., Ufimtseva N., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2006, No. 4, 38 p. (In Russ.)
10. Adushinov D.S., Amerkhanov Kh.A., Bersh E.A., Vostrikov V.F., Gerasimchuk L.D., Golubkov A.I., Zheltikov A.I., Klimenok I.I., Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., Petukhov V.L., Soloshenko V.A., Yarantseva S.B., *Patent № 9498 RF*, zayavl. 16.06.2015, publ. 08.02.2018 / (In Russ.)
11. Zheltikov A.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [i dr.], *Cherno-pestryj skot Sibiri* (Black-and-white cattle of Siberia), NGAU, Novosibirsk, 2010, 500 p. (In Russ.)
12. Dunin I., Knyazeva T., Tyurikov V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2009, No. 1, 21 p. (In Russ.)
13. Dunin I., Knyazeva T., Tyurikov V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2009, No. 5, 19 p. (In Russ.)
14. Ernst L.K., Shishkov V.P., Petukhov V.L., Nezavitin A.G., Smirnov P.N., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., *Patent № 2032336 RF*, zayavl. 20.09.1990, publ. 10.04.1995. (In Russ.)
15. Petukhov V.L., Ernst L.K., Nezavitin A.G., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kulikova S.G., *Patent № 2058075 RF*, zayavl. 19.04.1994, publ. 27.04.1996. (In Russ.)
16. Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Nezavitin A.G., Korotkevich O.S., Kulikova S.G., *Patent № 2191506*, zayavl. 23.06.2000, publ. 27.10.2002. (In Russ.)

17. Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Kochnev N.N., Panov B.L., Petukhov I.V., Korotkevich O.S., Marenkov V.G., Kochneva M.L., *Patent № 2058733 RF*, заявл. 93031684/15, publ. 15.06.1993. (In Russ.)
18. Zaiko O.A., Petukhov V.L., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I., *Heavy metals in pig muscles, 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract*, 2014, pp. 74.
19. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Miller I.S., Strizhkova M.V., Zaiko O.A., Nazarenko A.V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russ.)
20. Zaiko O.A., *Izmenchivost' i korrelyatsiya himicheskikh jelementov v organah i tkanjah svinej skorospeloj mjasnoj porody SM-1* (Variability and correlation of chemical elements in organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, 183 p.
21. Adushinov D., Kuznetsov A., *Glavnyi zootekhnik*, 2011, No. 5, pp. 23–25. (In Russ.)
22. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, 1447 s. (In Russ.)
23. Narozhnykh K.N., *Izmenchivost', korrelyatsiya i uroven' tjazholykh metallov v organah i tkanjah gerefordskogo skota v uslovijah 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.
24. Strizhkova M.V., *Soderzhanie, izmenchivost' i korrelyatsiya makrojelementov v organah i tkanjah krupnogo rogatogo skota chjorno-pjostroj porody* (Content, variability and correlation of macroelements in the organs and tissues of cattle of black and peddle breed), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2018, 131 p.
25. Turchanov S., *Glavnyi zootekhnik*, 2009, No. 12, pp. 7–8. (In Russ.)
26. Nikitina E.V., Shapiev I. Sh., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2010, No. 7, pp. 49–51. (In Russ.)
27. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
28. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Narozhnykh K.N., Saprykin A.I., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 5, pp. 601–605.

ЛИНЬКА АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И ХАРАКТЕРА ПОВЕДЕНИЯ

¹Т.А. Кванская, магистрант

¹З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

²О.В. Трапезов, доктор биологических наук, профессор

Ключевые слова: линька, американская норка, domestикация, генотип, поведение

¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: kvanskaya@bk.ru

Реферат. *Объектом исследований являлась американская норка – хищник, полуводный представитель семейства куньих. Исследование проводилось на взрослом поголовье самцов и самок 22-го поколения разных поведенческих типов и генотипов на Экспериментальной звероферме Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук. Общее количество исследуемых составило 547 животных генотипов Standard dark brown (+/+), Hedlund-white (h/h) и черный хрусталь (C_h/+). Все животные находились в одинаковых условиях и получали корм ad libitum (лат. – досыта) по единому рациону один раз в сутки во второй половине дня. Результаты исследований обработаны стандартным биометрическим методом. Сравнение проводилось по критерию Стьюдента. Цель данной работы состояла в изучении хода линьки американской норки в зависимости от генотипа, поведенческого характера и пола зверей. В конце августа была проведена глазомерная оценка хода линьки по хвосту. Баллы присваивались индивидуально каждому животному (от 0 до 5 баллов). В ходе изучения процесса линьки американской норки было выявлено, что у самцов-агрессоров генотипов черный хрусталь и хедлунд линька протекала значительно интенсивнее, чем у животных стандартного генотипа (на 1,9 и 1,3 балла), а у самок агрессивного типа поведения стандартного генотипа быстрее, чем у самок генотипов хедлунд и черный хрусталь (на 1,8 и 1,6 балла). При сравнении данных по полу у животных различных генотипов и поведенческих реакций наилучший ход линьки установлен у самцов-агрессоров генотипов хедлунд и черный хрусталь в сравнении с самками тех же генотипов (на 0,6 и 0,5 балла соответственно). Вследствие domestикации и селекции происходят изменения в хозяйственно полезных признаках животных, исследования в данной области дают возможность изучить эти процессы и применять их на практике. Игнорирование биологических особенностей норок создает угрозу для возникновения и развития серьезных отклонений в метаболизме, что может привести к снижению продуктивности и даже к летальному исходу.*

MOLT OF THE AMERICAN MINK, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND NATURE OF THE BEHAVIOR

¹ T.A. Kvanskaia, graduate student

¹ Z.N. Alekseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

² O.V. Trapezov, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

² Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Key words: molt, American mink, domestication, genotype, behavior.

Abstract. The object of research was the American mink, a predator, a semi-aquatic representative of the mustelidae family. The study was carried out on an adult population of males and females of the 22nd generation of different behavioral types and genotypes at the Experimental Fur Farm of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. The total number of studied animals was 547 ones of the Standard dark brown (+/+), Hedlund-white (h/h) and black crystal (CR/+) genotypes. All animals were kept in the same conditions and received food edlibitum (lat. – full) on a unified ratio once a day in the afternoon. The research results were processed using a standard biometric method. The comparison was carried out according to the Student's test. The aim of this work was to study the course of molting of the American mink depending on the genotype, behavioral character and gender of animals. At the end of August, a visual assessment of the course of molt along the tail was carried out. Points were assigned individually to each animal (from 0 to 5 points). During the study of the molting process of the American mink, it was found that in male aggressors of the black crystal and headlund genotypes, molting proceeded much more intensively than in animals of the standard genotype (by 1.9 and 1.3 points), and in females of the aggressive type of behavior of the standard genotype it was faster than in females of genotypes headlund and black crystal (by 1.8 and 1.6 points). When comparing gender data in animals of different genotypes and behavioral reactions, the best molt course was found in male aggressors of the Hedlund and Black Crystal genotypes in comparison with females of the same genotypes (by 0.6 and 0.5 points, respectively). Due to domestication and selection, changes occur in the economically useful traits of animals. Research in this area makes it possible to study these processes and apply them in practice. Ignoring the biological characteristics of minks creates a threat to the emergence and development of serious abnormalities in metabolism, which can lead to a decrease in productivity and even death.

Актуальность настоящей работы связана с выявлением физиологических особенностей американской норки при ее доместикиции.

Доместикация – сложный эволюционный процесс, характеризующийся множеством морфологических и физиологических изменений в организме животных. Для понимания этого процесса мощным инструментом явилась генетика, благодаря которой на сегодняшний день можно точно определить изменения в организме доместицированных животных на геномном уровне. Так, было выявлено, что в доместикации свою роль сыгра-

ли мутации, оказывающие существенное влияние и на рекомбинацию генов, и на скрытый резерв наследственности, и на прямой эффект отбора [1, 2].

До сих пор остается неясным, как и когда первоначально началось одомашнивание, но тем не менее снижение страха перед людьми считается важнейшей предпосылкой на ранней стадии приручения [3].

Первым ответом отбора американской норки на одомашнивание явилось изменение однородности исходной стандартной окраски мехового покрова в виде появления обширной белой пятнистости (пегости) [4].

Впервые американскую норку на территорию России завезли в 1928 г. Для улучшения продуктивных качеств норок различных типов начали скрещивать между собой, и уже в 1969 г. была утверждена порода стандарт с двумя внутривидовыми типами: черного и темно-коричневого окраса [5].

Ослабление естественного отбора, мутации и исключение инбредной депрессии позволили выявить у норок генотипа стандарт множество поразительных фенотипических признаков, которые, вероятно, не смогли бы раскрыться в дикой природе. Именно благодаря одомашниванию в настоящее время появилась возможность создавать новые породы с разнообразным окрасом волосяного покрова [6,7].

Было выявлено также, что мутации, затрагивающие окраску меха, влияют и на проявление других признаков:

- угнетение репродуктивной системы норок вплоть до высокой гибели щенков;
- модулирование пространственной упаковки пигментных гранул в волосе;
- воздействие на метаболизм биогенных аминов (серотонина и дофамина), что тесно связано с проявлением одомашнивающего поведения;
- снижение резистентности к возбудителям бактериальных и вирусных заболеваний, низкая жизнеспособность.
- влияние на эндокринную функцию надпочечников;
- воздействие на активность и выработку пищеварительных ферментов;
- модифицирование субклеточной структуры лейкоцитов;
- изменение состояния антиоксидантной системы и изоферментный спектр лактатдегидрогеназы в органах и тканях [8].

Наряду с отбором по окраске основным направлением селекции явилось и увеличение массы тела, так как данный признак имеет положительную корреляцию с площадью получаемой от животного шкурки [9].

Еще одной важной составляющей естественного отбора при клеточном разведении американской норки стало изменение харак-

теристик волос: по длине, густоте, структуре и уравниваемости [10].

Помимо работы с цветовыми мутациями и улучшением качеств опушения начался отбор на агрессивное и ручное поведение по отношению к человеку, так как полиморфизм по оборонительной реакции в популяциях американской норки считается необходимым условием для успешного одомашнивания [11].

Кроме этого, промышленная одомашнивание норок в условиях клеточного разведения привела к изменениям воспроизводительной способности. Установлено, что у дикой норки половая охота наступает всего один, реже два раза за период гона, в то время как у клеточной норки количество охот за период течки бывает не менее двух–трех, а иногда и более [12, 13].

В ходе разведения американских норок произошли определенные изменения в морфологическом и функциональном состоянии внутренних органов. Выявлено, что в процессе одомашнивания уменьшились относительная масса головного мозга, масса сердца и индекс легких несмотря на значительное повышение живой массы животных [12].

При этом абсолютная масса сердца и печени существенно увеличилась. Сократилась нагрузка на сердечно-сосудистую систему и снизилась интенсивность обмена веществ [15]. Примечательно, что у самцов индекс легких и масса мозга уменьшились, а у самок остались неизменными.

Цель данной работы состояла в изучении хода линьки американской норки в зависимости от генотипа и поведенческого характера.

Задачами работы предусматривалось:

- 1) оценить ход линьки у самцов разных генотипов.
- 2) оценить ход линьки у самок разных генотипов.
- 3) дать оценку линьки в зависимости генотипа и поведения зверей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в летний период 2019 г. В исследование были взяты норки клеточного разведения: Standard dark brown (+/+), Hedlund-

white(h/h) и черный хрусталь ($C_R/+$) из коллекции генотипов, разводимых на Экспериментальной звероферме ИЦиГ СО РАН.

Для опыта были отобраны взрослые самцы и самки, селекционируемые на ручное и агрессивное поведение (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта
Experience scheme

Генотип	Поведенческий тип	Пол	Количество голов	Индекс (i) упитанности	Линька, баллов
Standard dark brown (+/+)	Ручные	♀	155	$i = \frac{\text{масса(г)}}{\text{длина тела(см)}}$	От 0 до 5
		♂	44		
	Агрессивные	♀	157		
		♂	53		
Hedlund-white (h/h)	Ручные	♀	42		
		♂	6		
	Агрессивные	♀	22		
		♂	4		
Черный хрусталь ($C_R/+$)	Ручные	♀	13		
		♂	4		
	Агрессивные	♀	28		
		♂	19		

Все животные находились в одинаковых условиях и получали корм ad libitum (лат. – досыта) по единому рациону один раз в сутки во второй половине дня.

Работа проводилась на взрослом поголовье американских норок 22-го поколения селекции на ручное и агрессивное поведение.

В конце августа была проведена глазомерная оценка хода линьки по хвосту. Баллы присваивали индивидуально каждому животному (от 0 до 5), затем суммировали по генотипам и поведенческим реакциям, а после делили на поголовье в группе.

Индекс упитанности определяли по отношению массы тела животного (г) к его длине (см).

Результаты исследований обработаны стандартным биометрическим методом. Сравнение проведено по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Принимая во внимание тот факт, что на динамику линьки оказывают влияние не только фотопериодизм, но и генотип, пол, поведенческий тип и упитанность животных, представлялось целесообразным оценивать ход линьки норок, разделенных по всем вышеперечисленным показателям (табл. 2).

Таблица 2

Ход линьки у самцов разных генотипов и поведенческих реакций
Molt course in males of different genotypes and behavioral responses

Генотип	Поведенческий тип	Количество голов	Индекс упитанности	Линька, баллов
Standard dark brown (+/+)	Ручные	44	39,20±0,52	3,10±0,21
	Агрессивные	53	41,00±0,20	4,30±0,10
Hedlund-white (h/h)	Ручные	6	37,70±1,40	3,70±0,43
	Агрессивные	4	28,30±2,30**	5,00±0,01*
Черный хрусталь ($C_R/+$)	Ручные	4	36,30±0,37*	5,00±0,02**
	Агрессивные	19	38,20±0,16	4,90±0,05

Примечание. Здесь и далее: *P<0,05; **P<0,01 в сравнении со Standard dark brown.

Hereinafter: * P <0,05; ** P <0,01 compared to Standard dark brown.

Таблица 3

Ход линьки у самок разных генотипов и поведенческих реакций
Molt course in females of different genotypes and behavioral responses

Генотип	Поведенческий тип	Количество голов	Индекс упитанности	Линька, баллов
Standard dark brown (+/+)	Ручные	155	21,40±0,79	2,90±0,12
	Агрессивные	157	23,70±1,29	4,70±0,10*
Hedlund-white (h/h)	Ручные	42	22,60±1,01	3,90±0,20
	Агрессивные	22	22,50±0,67	4,40±0,12
Черный хрусталь (C _R /+)	Ручные	13	21,30±0,20	4,50±0,14*
	Агрессивные	28	23,90±0,31*	4,70±0,11

Из таблицы следует, что у самцов ручного типа поведения генотипа черный хрусталь и самцов-агрессоров хедлунд линька протекала значительно интенсивнее, чем у стандартных (на 1,9 балла). Среди самцов стандартного генотипа и хедлунд были обнаружены достоверные различия – животные ручного типа поведения уступали агрессивным на 1,2 и 1,3 балла. Различий в динамике прохождения линьки у норок генотипа черный хрусталь не наблюдалось. Также обнаружены достоверные различия по индексу упитанности среди самцов агрессивного поведенческого типа генотипа стандарт и хедлунд (на 12,7), а между ручными самцами генотипов стандарт и черный хрусталь на 2,9 соответственно.

Исходя из данных, приведенных в табл. 3, можно сказать, что у самок агрессивного типа поведения стандартного генотипа линька протекала быстрее, чем у самок ручного типа поведения (на 1,8 балла). Были обнаружены достоверные различия между самками ручного поведенческого типа стандарт и черный хрусталь на 1,6 балла. По индексу упитанности среди самок генотипа черный хрусталь, селекционируемых на ручное поведение, и тех же самок-агрессоров также были обнаружены достоверные различия (на 2,6).

При сравнении данных о прохождении линьки у американской норки различных генотипов и поведенческих реакций по полу (табл. 4) можно отметить наилучший ход

Таблица 4

Сравнительная оценка линьки американской норки в зависимости от пола
Comparative assessment of American mink shedding depending on gender

Генотип	Поведение	Линька, баллов	
		Самцы	Самки
Standard dark brown (+/+)	Ручные	3,1±0,21	2,9±0,12
	Агрессивные	4,1±0,2	4,7±0,1*
Hedlund-white (h/h)	Ручные	3,7±0,43	3,9±0,2
	Агрессивные	5±0,01**	4,4±0,12
Черный хрусталь (C _R /+)	Ручные	5±0,02*	4,5±0,14
	Агрессивные	4,9±0,05	4,7±0,11

линьки у самцов-агрессоров генотипов хедлунд и черный хрусталь в сравнении с самками тех же генотипов (на 0,6 и 0,5 балла соответственно).

Существенных различий в динамике линьки между самцами и самками стандартного генотипа не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. Оценка хода линьки у самцов разных генотипов и поведенческих реакций показывает, что у самцов-агрессоров генотипа черный хрусталь и хедлунд она протекала значительно интенсивнее, чем у животных стандартного генотипа (на 1,9 и 1,3 балла).

2. У самок агрессивного типа поведения стандартного генотипа линька протекала быстрее, чем у самок генотипов хедлунд и черный хрусталь (на 1,8 и 1,6 балла).

3. При сравнении данных о прохождении линьки у норок различных генотипов и по-

веденческих реакций по полу наилучший ход линьки отмечен у самцов-агрессоров генотипов хедлунд и черный хрусталь в сравнении с самками тех же генотипов (на 0,6 и 0,5 балла соответственно).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трапезов О.В. Гомологические ряды изменчивости окраски меха у американской норки в условиях domestikации // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 4–2. – С. 872–883.
2. *Genomic, Transcriptomic and Epigenomic Tools to Study the Domestication of Plants and Animals: A Field Guide for Beginners* / Josué Barrera-Redondo, Daniel Piñero, Luis E. Eguiarte // Front. Genet. Mexico. – 2020. – Vol. 31, N 1. – P. 35–42.
3. *Genome-wide analysis reveals molecular convergence underlying domestication in 7 bird and mammals* / Yali Hou, Furong Qi, Xue Bai [et al.] // BMC Genomics. – 2020. – Vol. 21, № . 204. – P. 24.
4. Трапезов О.В. Об одомашнивании пушных зверей (к 140-летию выхода в России труда Ч. Дарвина: «Прирученные животные и возделанные растения») // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 45–61.
5. Молькова А.А., Носырева Ю.Н. Воспроизводительные способности и продуктивные качества норок при использовании кедровой муки: монография / Иркут. гос. аграр. ун-т им. А.А. Ежевского. – Иркутск, 2018. – С. 14–18.
6. *Domestication leads to increased predation susceptibility* / Monica F. Solberg, Grethe Robertsen, Line E. Sundt-Hansen [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10, N 1929. – P. 31.
7. Трапезов О.В. Регуляторные эффекты генов поведения и управление окрасочным формообразованием у американских норок (*Mustela vison* Schreber, 1777) // Информационный вестник ВОГиС. – 2008. – № 1–2. – С. 63–83.
8. *Моделирующее* 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, Т.Н. Ильина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 296–302.
9. *Взаимосвязь* массы и площади шкурок у самцов норок разных пород / А.А. Ходусов, М.Е. Пономарева, В.И. Коноплев, В.Ф. Филенко, Н.А. Паршина // Вестник АПК Ставрополья. – 2017. – № 4 (28). – С. 82.
10. Колдаева Е.М., Колдаев Н.А. Домestikация и хозяйственно полезные признаки у пушных зверей // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 62–75.
11. Трапезов О.В. Селекционное преобразование оборонительной реакции на человека у американской норки // Генетика. – 1987. – Т. 23, № 6. – С. 1120–1127.
12. Федорова О.И. Преобразование и изменчивость экстерьерных и интерьерных признаков у американских норок (*Mustela vison* Schreber, 1777) в ходе их промышленной domestikации // Информационный вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 578–587.
13. Санжиева С.Е., Батоев Ц.Ж., Батанова М.Ф. Влияние рациона кормов на качественные показатели меха пушных зверей // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2011. – № 4а. – С. 290–293.

14. Федорова О. И. Доместикационные преобразования интерьерных признаков американских норок в ходе промышленного разведения // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – Казань, 2013. – С. 465–469.
15. Влияние генотипа на сезонные изменения антиоксидантной системы и изоферментного спектра лактатдегидрогеназы американских норок / Т. Н. Ильина, В. А. Илюха, С. Н. Калинина, Н. А. Горлякова, Л. А. Беличева // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – № 1. – С. 145–154.

REFERENCES

1. Trapezov O. V., *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, 2013, T. 17, No. 4–2, pp. 872–883. (In Russ.)
2. Barrera-Redondo Josué, Piñero Daniel, Eguiarte Luis E., Genomic, Transcriptomic and Epigenomic Tools to Study the Domestication of Plants and Animals: A Field Guide for Beginners, *Front. Genet. Mexico*, 2020, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.
3. Hou Yali, Qi Furong, Bai Xue, Ren Tong, Shen Xu, Chu Qin, Zhang Xiquan, Lu Xuemei, Genome-wide analysis reveals molecular convergence underlying domestication in 7 bird and mammals, *BMC Genomics*, 2020, Vol. 21, No. 204, pp. 24.
4. Trapezov O. V., *Informatsionnyy vestnik VOGiS*, 2007, T. 11, No. 1, pp. 45–61. (In Russ.)
5. Molkova A. A., Nosyreva Yu. N., *Vosproizvoditel'nye sposobnosti i produktivnye kachestva norok pri ispol'zovanii kedrovoy muki* (Reproductive abilities and productive qualities of minks when using cedar flour), Irkutsk, 2018, pp. 14–18.
6. Solberg Monica F., Robertsen Grethe, Sundt-Hansen Line E., Hindar Kjetil, Glover Kevin A., Domestication leads to increased predation susceptibility, *Scientific Reports*, 2020, Vol. 10, No. 1929, pp. 31.
7. Trapezov O. V., *Informatsionnyy vestnik VOGiS*, 2008, No. 1–2, pp. 63–83. (In Russ.)
8. Sergina S. N., Ilyukha V. A., Baishnikova I. V., Ilyina T. N., *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, 2015, T. 19, No. 3, pp. 296–302. (In Russ.)
9. Khodusov A. A., Ponomarev M. E., Konoplev V. I., Filenko V. F., Parshina N. A., *Vestnik APK Stavropol'ya*, Stavropol, 2017, No. 4 (28), pp. 82. (In Russ.)
10. Koldaeva E. M., Koldaev N. A., *Informatsionnyy vestnik VOGiS*, 2007, T. 11, No. 1, pp. 62–75. (In Russ.)
11. Trapezov O. V., *Genetika*, 1987, T. 23, No. 6, pp. 1120–1127. (In Russ.)
12. Fedorova O. I., *Informatsionnyy vestnik VOGiS*, 2009, T. 13, No. 3, pp. 578–587. (In Russ.)
13. Sanzhieva S. E., Batoev Ts. Zh., Batanova M. F., *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya*, Ulan-Ude, 2011, No. 4a, pp. 290–293. (In Russ.)
14. Fedorova O. I., *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Bumana*, Kazan, 2013, pp. 465–469. (In Russ.)
15. Ilyina T. N., Ilyukha V. A., Kalinina S. N., Gorlyakova N. A., Belicheva L. A., *Informatsionnyy vestnik VOGiS*, Novosibirsk, 2007, No. 1, pp. 145–154. (In Russ.)

АККУМУЛЯЦИЯ МАРГАНЦА У САМОК И САМЦОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ И ЧЕШУЕ СУДАКА ОБЫКНОВЕННОГО (*SANDER LUCIOPERCA*) НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

К. С. Рявкина, аспирант

Т. В. Коновалова, старший преподаватель

О. С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

В. Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный

университет, Новосибирск, Россия

E-mail: kristina02021994@yandex.ru

Ключевые слова: рыбоводство, марганец, чешуя, мышцы, судак, Новосибирское водохранилище

Реферат. *Выполнены исследования по аккумуляции марганца в чешуе и мышечной ткани у самок и самцов судака обыкновенного (*Sander lucioperca*) Новосибирского водохранилища. Анализы проведены на базе сертифицированной аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А. М. Николаева СО РАН. Судак были разделены по полу, а затем от них отобрали по 34 пробы чешуи и мышечной ткани. Содержание марганца определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP-6500 фирмы Thermo Scientific. Выявлена высокая изменчивость накопления марганца у самок и самцов в чешуе и мышечной ткани. Установлено, что концентрация марганца у самок в чешуе была выше в 7,7 раза, чем в мышечной ткани, а у самцов – в 15,7. Достоверных отличий по содержанию марганца между полами не выявлено. Отношение крайних вариантов в чешуе у самок и самцов было 1 : 5 и 1 : 6, а в мышечной ткани – 1 : 35 и 1 : 30 соответственно. Определены средние значения концентрации марганца в мышцах у судака Новосибирского водохранилища. Выявлены различия по депонированию марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака. Концентрация марганца в мышцах у самок была в 2 раза выше, чем у самцов. Полученные результаты по аккумуляции марганца в чешуе и мышечной ткани можно применять в качестве референсных значений. Уровень концентрации металла характеризуется неравномерным распределением в мышцах и чешуе судака. Результаты исследований подходят для прижизненной оценки интерьера *Sander lucioperca*. Выявлена средняя положительная корреляция между марганцем у самок с абсолютной длиной и живой массой ($r = 0,329$ и $r = 0,311$). Установлено, что количество марганца, а также других тяжелых металлов в водоеме Новосибирского водохранилища увеличивается.*

MANGANESE ACCUMULATION IN FEMALES AND MALES IN MUSCLE TISSUE AND SCALES OF SANDER LUCIOPERCA OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR

K.S. Riavkina, PhD-student

T.V. Konovalova, Senior lecturer

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: fish farming, manganese, scales, muscles, *Sander lucioperca*, Novosibirsk reservoir.

Abstract. *Studies on the accumulation of manganese in females and males in the scales and muscle tissue of the *Sander lucioperca* of the Novosibirsk Reservoir were carried out. Analyzes were taken*

in a A.M. Nikolaev analytical laboratory of the Institute of Inorganic Chemistry SB RAS. The pike perch were divided by gender. Then 34 samples of scales and muscle tissue were taken from them. The manganese content was determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry on a Thermo Scientific iCAP-6500 spectrometer. High variability of manganese accumulation in females and males in scales and muscle tissue was revealed. It was found that the concentration of manganese in females scales was 7.7 times higher than in muscle tissue, and in males - 15.7 times. There were no significant differences in manganese content between the genders. The ratio of extreme variants of scales in females and males was 1: 5 and 1: 6, and in muscle tissue - 1: 35 and 1: 30, respectively. The average values of the concentration of manganese in the muscles of the Sander lucioperca of the Novosibirsk reservoir were determined. Differences in the deposition of manganese in muscle tissue in females and males of Sander lucioperca were revealed. The concentration of manganese in the muscles of females was 2 times higher than that of males. The results obtained on the accumulation of manganese in scales and muscle tissue can be used as reference values. The level of metal concentration is characterized by an uneven distribution in the muscles and scales of Sander lucioperca. The research results are suitable for a lifetime assessment of the Sander lucioperca interior. An average positive correlation was found between manganese in females with absolute length and body weight ($r = 0.329$ and $r = 0.311$). It was found that the amount of manganese and other heavy metals in the Novosibirsk reservoir is increasing.

В настоящее время одной из глобальных проблем является загрязнение окружающей среды, что связано с ростом антропогенной нагрузки на экосистемы. В частности, с каждым годом увеличивается концентрация тяжелых металлов в водоемах. Это, в свою очередь, негативно влияет на гидробионтов и на человека как конечного потребителя рыбной продукции. Новосибирское водохранилище является объектом большого числа экологических исследований, что связано с разнообразием видов гидробионтов. В Западной Сибири проводятся исследования по содержанию тяжелых металлов в рыбе, а также других животных, чтобы установить генетическую детерминацию [1–10].

Соединения марганца менее токсичны для рыб, чем другие тяжелые металлы. Токсический эффект марганца схож с железом. Содержание марганца в тканях рыб составляет от 0,014 до 0,90 мг%. Максимальное его количество отмечается в печени. Меньше всего марганца в скелетной мускулатуре. Всасывание марганца происходит в организме на всем протяжении тонкого кишечника [11–14].

Известно, что марганец в состоянии коллоидных и взвешенных частиц циркулирует в подземных водах и воде открытых

водоемов. В природных зонах аккумуляция данного металла колеблется от единиц до сотен микрограммов в 1 л. Окислительно-восстановительные реакции, pH среды и многие другие факторы непосредственно влияют на состояние марганца в поверхностных пресных водах [15].

Марганец может служить в качестве кофактора, он необходим для эритропоэза и образования гемоглобина, обладает липотропным эффектом, стимулируя синтез холестерина и жирных кислот. Металл принимает непосредственное участие в синтезе тиреоидных гормонов и сдерживает свободно-радикальное окисление. Он способствует переходу активного железа в Fe^{3+} , что ускоряет рост организма. Марганец в организме животных образует металлокомплексы с белками, нуклеиновыми кислотами, АТФ, АДФ, отдельными аминокислотами. Основной путь выведения марганца из организма – с желчью. Недостаток марганца приводит к ухудшению роста костей, снижается выработка инсулина, возникает анемия [16].

При повышенном поступлении марганца в организм он оказывает токсическое действие, вызывая развитие специфических эффектов повреждающего действия со стороны ЦНС, желудочно-кишечного тракта, системы

крови, почек, костной системы, обменных процессов. При одновременном поступлении в организм марганца и свинца возникает повышенная вероятность развития негативных эффектов ЦНС и системы крови, при поступлении марганца и хрома – со стороны выделительной системы, а также желудочно-кишечного тракта [11, 17].

В Западной Сибири ведется поиск маркеров для прижизненной оценки аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях гидробионтов и других животных. Исследования проводятся в аспекте сравнения устойчивости и резистентности по аккумуляции тяжелых металлов у различных видов сельскохозяйственных животных. Изучается проблема генетической детерминации уровня макро- и микроэлементов в органах и тканях с последующей возможностью включения в дополнительные селекционные программы признаков устойчивости и восприимчивости к накоплению химических элементов [18–23].

Цель исследования – определить закономерности в накоплении марганца в чешуе и мышечной ткани у самок и самцов судака Новосибирского водохранилища.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования чешуи и мышечной ткани судака были проведены на базе сертифицированной аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А.М. Николаева СО РАН. Объектом исследования являлся судак обыкновенный (*Sander lucioperca*) Новосибирского водохранилища в возрасте 3–4,5 года (чешую замачивали в 5%-м растворе аммиака на 2 ч, промывали, затем определяли возраст с помощью бинокулярного микроскопа). Особей вылавливали в период с октября по ноябрь 2019 г. У самцов и самок было отобрано по 34 пробы чешуи и мышечной ткани. Содержание марганца в исследуемых пробах рыб было определено методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектро-

метре iCAP-6500 фирмы Thermo Scientific [24, 25].

Для анализа взвешивали пробу массой 100 мг и помещали в кварцевую чашку, затем ставили в холодную кварцевую печь. Печь разогревали до температуры 250°C, экспозиция при данной температуре составила 15 мин. Затем температуру увеличивали до 450°C с экспозицией также 15 мин. Далее пробу оставляли в печи остывать до комнатной температуры. После обугливания пробу перетирали в кварцевых чашках, далее из порошка подготовленной пробы отбирали навеску массой 10 мг и вводили 50 мг графитового порошка и 40 мг спектроскопического буфера (15% NaCl и графитовый порошок). Для исследования отбирали 20 мг полученной смеси.

Полученные данные сопоставили с предельно допустимыми концентрациями (10 мг/кг). Нормальность распределения определяли по критерию Шапиро-Уилка. Так как по уровню марганца выявлено ненормальное распределение, мы использовали метод S.P. Нозо [26], в основе которого лежит включение в формулу таких показателей, как a , m , b , n :

$$\bar{x} \approx \frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2n + b}{4n};$$

$$\sigma^2 \approx \frac{1}{n-1} \left(a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2m + b}{4n} \right)^2 \right),$$

где $\bar{x}$ – средняя арифметическая; σ^2 – дисперсия; n – величина выборки; a – минимальная величина признака; b – максимальная величина признака; m – медиана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1. приведены средние значения по содержанию марганца в чешуе самок и самцов судака.

Эти данные можно предварительно применять в качестве референсных значений в различных исследованиях. Содержание

Таблица 1

Содержание марганца в чешуе самок и самцов судака
Manganese content in scales of female and male *Sander lucioperca*

Пол	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Me	Q ₁	Q ₃
Самки	17	17,6±3,0	16	10	25
Самцы	17	17,3±2,9	18	10	21

марганца в чешуе достоверно не отличаются по половому признаку, что, возможно, связано с одинаковой способностью накапливать металл в производных кожи, а также с одной областью распространения.

Выявлена высокая изменчивость по аккумуляции металла в чешуе судака, видимо, обусловленная влиянием среды (табл. 2). Коэффициент вариации содержания марганца

в чешуе у самок и самцов судака – 47 и 46% соответственно.

Отношение крайних вариант у самок и самцов в чешуе составило 1 : 5 и 1 : 6 соответственно. Существуют межвидовые различия в содержании марганца, например, сравнив полученные данные с результатами исследований Е.А. Галатановой [27], можно сделать вывод, что концентрация данного

Таблица 2

Изменчивость уровня марганца в чешуе самок и самцов судака
Variation in the level of manganese in the scales of female and male *Sander lucioperca*

Пол	IQR*	σ	lim	Отношение крайних вариант
Самки	15	8,3	7,0–32,0	1 : 5
Самцы	11	7,9	6,1–34,0	1 : 6

*IQR – межквартильный размах.

элемента была ниже у ерша (*Gymnocephalus cernuus*) в 6,7 раза, у щуки (*Esox lucius*) – в 36, а у судака (*Sander lucioperca*) – в 50 раз. Однозначно можно сказать, что содержание марганца в чешуе судака в Новосибирском водохранилище намного выше, чем в реке Уй г. Троицка Челябинской области, где были проведены упомянутые исследования.

Анализируя межвидовые различия по накоплению марганца в производных кожи (щетина и чешуя) в работах О.А. Зайко [6] и К.Н. Нарожных [10], проведенных на свиньях породы СМ-1 и скоте герефордской породы, можно сделать вывод, что данный эссенциальный элемент изменяется в большей степени у свиней (12 : 1), чем у крупного рогатого скота (5 : 1). Оценка межвидовых различий позволит установить роль наслед-

ственности, детерминации, резистентности и восприимчивости к депонированию тяжелых металлов. Это позволит частично решить проблему производства экологически безопасной продукции. В настоящее время в мире практически отсутствуют исследования о наследственной устойчивости и восприимчивости различных видов животных к накоплению поллютантов в органах и тканях, а это значит, что отсутствует её комплексная генетическая оценка.

Данные по аккумуляции марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака Новосибирского водохранилища приведены в табл. 3.

Уровень концентрации марганца не превышал ПДК. При этом можно отметить наличие достоверных различий по половому

Таблица 3

Содержание марганца в мышечной ткани самок и самцов судака
The content of manganese in the muscle tissue of female and male *Sander lucioperca*

Пол	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$		Q ₁	Q ₃	ПДК
Самки	17	2,30±0,22	2,1	1,2	3,3	10,0
Самцы	17	1,10±0,14	0,8	0,6	2,0	10,0

признаку, так, его концентрация в мышцах самок была в 2 раза выше, чем у самцов. Возможно, это связано с генетическими особенностями и индивидуальной биологической вариацией.

Выявлена высокая фенотипическая изменчивость по уровню марганца в мышечной ткани судака (табл. 4). Отношение крайних вариант у самок и самцов составило 1 : 35 и 1 : 30 соответственно.

Таблица 4

Изменчивость уровня марганца в мышечной ткани самок и самцов судака
Variation in the level of manganese in the muscle tissue of female and male pike perch

Пол	IQR	σ	lim	Отношение крайних вариант
Самки	2,1	1,3	0,130–4,600	1 : 35
Самцы	1,4	0,8	0,095–2,900	1 : 30

Анализируя данные П. А. Попова и др. [28] по Новосибирскому водохранилищу, можно отметить межвидовые различия по аккумуляции марганца в мышцах рыб. Так, в нашем исследовании у *Sander lucioperca* концентрация марганца была выше, чем у *Perca fluviatilis*, *Abramis brama* и *Leucis cusidus*, в соотношении 11 : 3 : 2 : 1. Уровень марганца в этом ис-

следовании был ниже в 3 раза, чем в нашем эксперименте.

Коэффициент вариации в мышечной ткани у самок и самцов судака составил 56 и 72 % соответственно.

Концентрация элемента в мышечной ткани судака в наших исследованиях была выше у самцов и самок в 1,14 и 2,5 раза соответственно, чем в экспериментах И. А. Глазуновой [7].

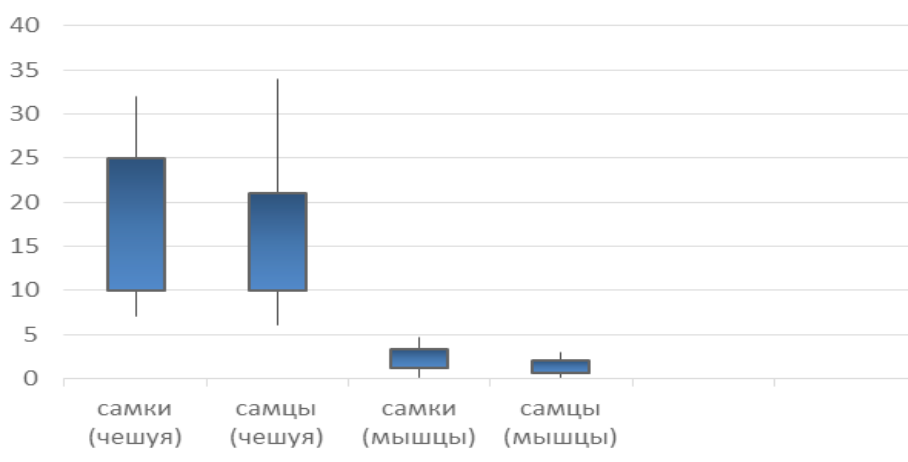


Диаграмма размаха концентрации марганца у самок и самцов судака в чешуе и мышечной ткани
Diagram of the range of manganese concentration in females and males in the scales and muscle tissue of *Sander lucioperca*

Из рисунка видно, что уровень аккумуляции марганца в мышечной ткани у самок и самцов судака характеризуется меньшим межквартильным размахом, чем в чешуе.

В табл. 5 представлены корреляции между накоплением марганца и размерно-весовыми показателями судака.

Выявлены средние положительные корреляции между накоплением марганца в чешуе у самок с абсолютной длиной и живой массой

($r = 0,329$ и $r = 0,311$), в остальных случаях установлены низкие положительные и отрицательные корреляции.

Сравнив данные разных авторов с полученными результатами, можно заключить, что выявлено увеличение аккумуляции марганца в мышцах судака, что, видимо, связано с возрастанием антропогенной нагрузки в Новосибирском водохранилище. Очевидно, что увеличение концентрации марганца мо-

Таблица 5

Корреляции между содержанием марганца и размерно-весовыми показателями судака
Correlations between manganese and size and weight parameters of Sander lucioperca

Пол	Коррелирующие признаки	n	Корреляция $r \pm Sr$
Самки	Mn (чешуя) – абсолютная длина (L)	17	$0,329 \pm 0,210$
	Mn (чешуя) – живая масса		$0,311 \pm 0,212$
Самцы	Mn (чешуя) – абсолютная длина (L)	17	$0,132 \pm 0,201$
	Mn (чешуя) – живая масса		$0,244 \pm 0,189$
Самки	Mn (мышцы) – абсолютная длина (L)	17	$0,114 \pm 0,233$
	Mn (мышцы) – живая масса		$0,129 \pm 0,232$
Самцы	Mn (мышцы) – абсолютная длина (L)	17	$-0,045 \pm 0,186$
	Mn (мышцы) – живая масса		$-0,224 \pm 0,192$

жет приводить к нарушению газообмена у рыб и замедлению их роста, а также к отклонениям в развитии икры рыб.

ВЫВОДЫ

1. Установлены средние концентрации марганца у самок и самцов судака (*Sander lucioperca*) в мышечной ткани и чешуе.

2. Выявлены достоверные различия по аккумуляции марганца в мышцах судака по

половым признакам, выражающиеся в том, что у самок его концентрация была в 2 раза выше, чем у самцов.

3. Отмечен высокий уровень изменчивости аккумуляции марганца в мышечной ткани и чешуе судака.

4. Средние положительные корреляция были обнаружены между содержанием марганца в чешуе у самок с абсолютной длиной и живой массой ($r = 0,329$ и $r = 0,311$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рявкина К. С. Содержание цинка в мышечной ткани сеголеток пеляди // Гуманитарные и правовые проблемы современной России: материалы XV межвуз. студ. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Великой Победы. – Новосибирск, 2020. – С. 39–41.
2. Состояние рыбоводства в некоторых областях Западной Сибири / И. В. Морози, У. В. Пищенко, Л. А. Осинцева, В. Л. Петухов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 11 (166). – С. 4–11.
3. Нарожных К. Н., Ефанова Ю. В., Короткевич О. С. Содержание кадмия в некоторых органах и ткани бычков герефордской породы // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 4 (35) – С. 315–318.
4. Рявкина К. С. Аккумуляция кадмия в органах рыб // Теория и практика современной аграрной науки: сб. III нац. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. – Новосибирск, 2020. – С. 544–546.
5. Petukhov V. L., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V. Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract. – Guiang, China, 2014. – P. 74.
6. Зайко О. А. Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 182 с.
7. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в рыбах верховьев Оби: дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул, 2005. – 103 с.
8. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S. Ecological and biochemical evolution of elements content in soil and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 4. – P. 368–374.

9. *Status of toxic heavy metals in cattle of Haryana* / K. Naveen, K. Sandeep, G. Renu [et al.] // *Haryana Veterinarian*. – 2019. – Vol. 58, N 1. – P. 114–116.
10. 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.
11. Рявкина К. С. Аккумуляция свинца в мышцах судака обыкновенного // *Актуальные проблемы агропромышленного комплекса*. – 2020. – С. 37–39.
12. Биохимический состав мышечной ткани судака *Lucioperca lucioperca* (L.) Новосибирского водохранилища / И. В. Морузи, В. С. Токарев, П. Н. Смирнов, Е. В. Пищенко // *Вестник НГАУ*. – 2012. – № 1–2 (22). – С. 74–76.
13. Миллер И. С., Коновалова Т. В., Короткевич О. С. Особенности накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–11. – С. 2469–2473.
14. *Influence of elevated Zn on hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens* / V. L. Petukhov, I. A. Afonina, O. I. Sebezhko [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2019. – Т. 46, N 4. – P. 901–906.
15. *Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia)* / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, J. I. Fedyaev [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Т. 44, N 2. – P. 217–220.
16. Межвидовые различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных / К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова, И. С. Миллер, М. В. Стрижкова, О. А. Зайко, А. В. Назаренко // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–26. – С. 5815–5819.
17. Рявкина К. С. Соотношение линейного и весового роста у атлантического лосося // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий*. – 2019. – № 4. – С. 95–96.
18. *Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves* / V. L. Petukhov, K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, O. S. Korotkevich, O. I. Sebezhko, G. N. Korotkova // *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract*. – Guiang, China. 2014 – P. 74.
19. Рявкина К. С. Аккумуляция цинка и меди в чешуе судака Новосибирского водохранилища // *Вестник НГАУ*. – 2020. – № 4 (57). – С. 138–143.
20. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б. Л. Панов, В. Л. Петухов, Л. К. Эрнст, И. И. Гудилин, С. Г. Куликова, О. С. Короткевич, В. Н. Дементьев, Н. Н. Кочнев [и др.]. – Новосибирск: Сиб. науч. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
21. *Accumulation of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin* / I. S. Miller, V. L. Petukhov, O. S. Korotkevich, G. N. Korotkova, I. S. Konovalov // *E3S Web of Conferences. Proceeding of the 16th International conference on heavy metals in the Environment: electronic edition*. – 2013. – P. 11007.
22. Пат. RUS 2555518 C1. Способ определения содержания меди в мышечной ткани рыбы / О. С. Короткевич, И. С. Миллер, Т. В. Коновалова [и др.]. – Опубл. 10.07.2017.
23. *Способ определения кадмия в печени и легких крупного рогатого скота* / О. С. Короткевич, К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова [и др.]. – Опубл. 20.04.2015.
24. Skiba T. V., Tsygankova A. R., Borisova N. S. Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 6. – P. 958–964.
25. Tsygankova A. R., Kuptsov A. V., Saprykin A. I. Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 5. – P. 601–605.

26. 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.
27. Галатанова Е. А. Биологические особенности содержания тяжелых металлов в чешуе рыб семейства Percidae, Cyprinidae, Esocidae, Siluridae // Вестник АГАУ. – 2009. – № 9 (59). – С. 46–49.
28. Попов П. А., Андросова Н. В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник ТГУ. – 2014. – № 4 (28). – С. 108–122.

REFERENCES

1. Rjavkina K. S., *Gumanitarnye i pravovye problemy sovremennoy Rossii* (Humanitarian and legal problems of modern Russia), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2020, pp. 39–41. (In Russ.)
2. Moruzi I. V., Pishhenko U. V., Osinceva L. A., Petuhov V. L., *Rybovodstvo i rybnoe hozjajstvo*, 2019, No. 11 (166), pp. 4–11. (In Russ.)
3. Narozhnyh K. N., Efanova Ju. V., Korotkevich O. S., *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2012, No. 4 (35), pp. 315–318. (In Russ.)
4. Rjavkina K. S. *Teorija i praktika sovremennoj agrarnoj nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2020, pp. 544–546. (In Russ.)
5. Retukhov V. L., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. Proceeding of Abstract*, Guiang, China, 2014, P. 74.
6. Zajko O. A., *Izmenchivost' i korrelyatsiya khimicheskikh elementov v organakh i tkanyakh sviney skorospeloy myasnoy porody SM-1* (Variability and correlation of chemical elements in organs and tissues of precocious meat pigs SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, p. 182. (In Russ.)
7. Glazunova I. A., *Soderzhanie i osobennosti raspredeleniya tjazhelykh metallov v rybah verhov'ev Obi* (Content and distribution of heavy metals in fish of the upper Ob river), Candidate's thesis, Barnaul, 2005, 103 p. (In Russ.)
8. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S., Ecological and biochemical evolution of elements content in soil and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
9. Naveen K., Sandeep K., Renu G. [et al.], Status of toxic heavy metals in cattle of Haryana, *Haryana Veterinarian*, 2019, Vol. 58, No. 1, pp. 114–116.
10. Narozhnyh K. N., *Izmenchivost', korrelyatsii i uroven' tyazhelykh metallov v organakh i tkanyakh gerefordskogo skota v usloviyakh Zapadnoy Sibiri* (Variability, correlations, and levels of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p. (In Russ.)
11. Rjavkina K. S., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa*, 2020, pp. 37–39. (In Russ.)
12. Moruzi I. V., Tokarev V. S., Smirnov P. N., Pishhenko E. V., *Vestnik NGAU*, 2012, No. 1–2 (22), pp. 74–76. (In Russ.)
13. Miller I. S., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, No. 9–10, pp. 2469–2473. (In Russ.)
14. Petukhov V. L., Afonina I. A., Sebezhko O. I. [et al.], Influence of elevated Zn on hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens, *Indian Journal of Ecology*, 2019, T. 46, No. 4, pp. 901–906.

15. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Fedyaev J. I. [et al.], Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2017, T. 44, No.2, pp. 217–220.
16. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Miller I. S., Strizhkova M. V., Zajko O. A., Nazarenko A. V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russ.)
17. Rjavkina K. S., *Rol» agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skih territorij*, 2019, No. 4, pp. 95–96. (In Russ.)
18. Petukhov V. L., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., Sebezsko O. I., Korotkova G. N., Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull- calves, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*, Proceeding of Abstract. Guiang, China, 2014, p. 74.
19. Rjavkina K. S., *Vestnik NGAU*, 2020, No.4 (57), pp. 138–143. (In Russ.)
20. Panov B. L., Petukhov V. L., Jernst L. K., Gudilin I. I., Kulikova S. G., Korotkevich O. S., Dement'ev V. N., Kochnev N. N. [et al.], *Problemy selekcii sel'skhozjajstvennyh zhivotnyh* (Breeding problems for farm animals), Novosibirsk, Sibirskoe nauchnoe predpriyatie RAN, 1997, 283 p.
21. Miller I. S., Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Korotkova G. N., Konovalov I. S., Accumulation of heavy metals in the muscles of zander from Novosibirsk water basin, *E3S Web of Conferences*, Proceeding of the 16th International conference on heavy metals in the Environment: electronic edition, 2013, pp. 11007.
22. Korotkevich O. S., Miller I. S., Konovalova T. V. [et al.], *Patent na izobretenie* *RUS 2555518 S1*, 10.07.2015. (In Russ.)
23. Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V. [et al.], *Patent na izobretenie* *RUS 2591825 C1*, 20.07.2016. (In Russ.)
24. Skiba T. V., Tsygankova A. R., Borisova N. S., Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
25. Tsygankova A. R., Kuptsov A. V., Saprykin A. I., Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 5, pp. 601–605.
26. 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.
27. Galatanova E. A., *Vestnik AGAU*, 2009, No. 9 (59), pp. 46–49. (In Russ.)
28. Popov P. A., Androsova N. V., *Vestnik TGU*, 2014, No. (28), pp. 108–122. (In Russ.)

ПОЕДАЕМОСТЬ КОРМА НОРКАМИ РАЗНОГО ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ТИПА

¹М.А. Степанова, магистрант¹З.Н. Алексеева, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор²О.В. Трапезов, доктор биологических наук, профессор¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия²Институт цитологии и генетики СО РАН,
Новосибирск, Россия

E-mail: stepanova_maria98@mail.ru

Ключевые слова: поедаемость, американская норка, *Neovison vison*, domestикация, генотип, поведение

Реферат. *Основной целью работы являлось определение отношения американской норки к потреблению корма в зависимости от генотипа и поведения. Объектом исследований являлись американские норки (Neovison vison) клеточного разведения трех различных генотипов: Standard dark brown (+/+), Hedlund-white (h/h) и черный хрусталь (C_R/+). Группы животных изначально были оценены на агрессивное и ручное поведение по специальной методике hand catch test. Длительность работы составляла 30 дней. Все животные получали единый рацион в соответствии с рекомендуемыми нормами. Ежедневно корм взвешивали перед раздачей (190 г на 1 голову самкам и 250 г – самцам) и по остаткам определяли количество съеденного корма за сутки на группу и на 1 голову. Поедаемость оценивали по показателю съеденного корма самцами и самками разных генотипов и поведения. Сравнение данных было проведено по t-критерию Стьюдента. Так как на потребление корма оказывает влияние температурный фактор, поедаемость корма норками различных генотипов оценивали по семидневным периодам. Установлено, что в первый период наблюдений разницы в количестве съеденного самками корма не было. Однако во второй период агрессивные самки хедлунд потребили больше по сравнению с самками генотипа черный хрусталь. В этот же период среди самок ручного типа наименьшую потребляемость корма показали самки генотипа черный хрусталь в сравнении со стандартными и хедлунд. В третий период среди самок-агрессоров больше всего потребили корма самки хедлунд в сравнении с генотипами стандарт и черный хрусталь. Различий в потреблении корма самцами разных генотипов по тем же периодам нет. Самки-агрессоры генотипов стандарт и хедлунд за весь период исследований потребляли больше корма, чем самки ручного типа поведения. Ручные самцы стандартного генотипа потребляли корма больше, чем агрессивные. Различий в потреблении корма норками различного поведения генотипа черный хрусталь не наблюдалось.*

FEED CONSUMPTION BY MINKS OF DIFFERENT BEHAVIORAL TYPES

¹ M.A. Stepanova, graduate student¹ Z.N. Alekseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor² O.V. Trapezov, Doctor of Biological Sciences, Professor¹ Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia² Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Key words: feed consumption, American mink, Neovison vison, domestication, genotype, behavior.

Abstract. *The main goal of the work was to determine the attitude of the American mink to feed consumption, depending on the genotype and behavior. The object of research was American mink (Neovison vison) of cell breeding of three different genotypes: Standard dark brown (+/+), Hedlund-white (h/h) and Black crystal (CR/+). Groups of animals were initially assessed on aggressive and manual behavior using a special hand catch test method. The duration of the work was 30 days. All animals received a unified ratio according to the recommended norms. Daily feed was weighed before distribution (190 g per 1 head to females and 250 g to males) and the amount of feed consumed a day per group and per 1 head was determined from the remains. The feed consumption was assessed by the indicator of the feed consumed by males and females of different genotypes and behavior. Comparison of the data was carried out using Student t-test. As the temperature factor influences the feed consumption, the feed intake by minks of different genotypes was assessed over seven-day periods. It was found that in the first observation period there was no difference in the amount of feed consumed by females. However, in the second period, aggressive Hedlund females consumed more than females of the black crystal genotype. In the same period, the females of the black crystal genotype showed the lowest feed consumption in comparison with the standard and Hedlund females. In the third period, Hedlund females consumed the largest amount of feed among aggressor females in comparison with the genotypes Standard and Black Crystal. There are no differences in feed consumption by males of different genotypes for the same periods. Over the entire study period, female aggressors of genotypes Standard and Hedlund consumed more feed than females of the tame type of behavior. The tame males of the standard genotype consumed more feed than the aggressive ones. There were no differences in feed consumption by minks of different behavior of the black crystal genotype.*

Актуальность настоящей работы связана с изучением формирования физиологических особенностей хищных зверей при их доместикиции, в частности, влияния данного фактора на степень потребления корма животными.

Процесс одомашнивания, основанный на дестабилизирующем отборе, помимо поведения, затрагивает и различные морфологические и физиологические признаки [1]. И если во время естественного отбора развитие этих признаков было направлено на приспособление к условиям дикой среды (сезонность размножения, окрас шерсти и т.д.), то при одомашнивании связи между поведением, физиологией и морфологией нарушились, что привело к возникновению совершенно новых признаков [2].

В первую очередь целенаправленный отбор на ручное поведение поспособствовал появлению различных окрасов меха норок. Из-за нарушения распределения и развития меланобластов у животных развилась белая пятнистость (пегость) [3].

Вместе с этим наблюдалась удивительная схожесть с другими ранее одомашненными видами – кроликами, кошками и морскими свинками – в такой особенности окраса, как проявление частичного альбинизма, или так называемого гималайского типа [4].

В ходе ранних этапов одомашнивания изменились также и некоторые краниологические показатели. Доместикация норок привела к уменьшению как лицевой части черепа

в целом, так и верхней и нижней челюстей в частности [5].

Однако процесс domestikации повлиял не только на внешний облик животного. Вследствие изменения образа жизни клеточной норки изменились и некоторые физиологические показатели: сердечный ритм и частота дыхания стали более интенсивными, сердечная мышца лишилась адаптации к нырянию, которой обладают норки в дикой природе [6].

Так как искусственный отбор велся в сторону усовершенствования воспроизводительных функций зверей, domestikация повлияла и на систему размножения. Многими наблюдениями доказано, что у диких норок половая охота наступает не более 1–2 раз за период гона, тогда как у клеточных особей данный феномен проявляется не менее 2–3 раз [7]. На репродуктивную функцию повлиял и отбор особей с различными мутациями, затрагивающими окраску меха, так как эти мутации часто генетически обуславливают пренатальную и постнатальную смертность потомства [8].

Процесс одомашнивания сказался и на функциональности нервной деятельности американских норок. В частности, существенные изменения претерпел метаболизм дофамина и, что более значимо, серотонина – нейромедиатора, отвечающего за эмоциональное состояние животного и регулирующего агрессивное поведение [9].

Помимо поведения и физиологических признаков в ходе одомашнивания изменения коснулись и телосложения американской норки. Смена условий обитания и целенаправленный отбор в ходе одомашнивания способствовали существенному увеличению таких признаков, как длина и масса тела [10]. Так, живая масса норок почти в 4 раза превосходит таковую у своих диких сородичей, а длина тела – в 1,4 раза у самцов и в 1,3 раза у самок [11].

Более того, доказано, что живая масса имеет довольно высокий коэффициент наследуемости: у самок он составляет 0,43, а у самцов – 0,48. Данный показатель указывает на

высокую долю отбора в формировании этого признака [12].

Вместе с размерами и массой тела клеточных норок проявились изменения, изначально не являвшиеся целью искусственного отбора. Так, и у самцов, и у самок наблюдалось увеличение длины ладони и ступни, а также размера хвоста. Высота уха животных, тоже не являющаяся хозяйственно полезным признаком, напротив, уменьшилась [13].

С укрупнением норок изменились и размеры их внутренних органов. Клеточное содержание, подразумевающее снижение двигательной активности, привело к уменьшению относительной массы сердца и индекса легких. Относительная масса головного мозга также уменьшилась, несмотря на значительное увеличение живой массы животных [14].

В процессе domestikации изменились и темпы развития молодняка. И хотя различий в массе тела при рождении как у самцов, так и у самок нет, у диких норчат самцы начинают превосходить самок уже через 10 дней и значительно опережают их по этому показателю после 20 дней. Однако под воздействием процесса domestikации у щенков клеточной популяции половой диморфизм по живой массе тела обнаруживается лишь 40 дней спустя – в возрасте 50 суток [15].

Цель настоящей работы заключалась в определении отношения американской норки к потреблению корма в зависимости от генотипа и поведения.

В ходе эксперимента решались следующие задачи:

- 1) сравнить поедаемость кормов самцами и самками разных генотипов;
- 2) оценить поедаемость кормов американской норкой разных поведенческих реакций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись американские норки (*Neovison vison*) клеточно-го разведения трех различных генотипов: Standard dark brown (+/+), Hedlund-white (h/h) и черный хрусталь ($C_R/+$). Группы животных

изначально были оценены на агрессивное и ручное поведение по специальной методике hand catch test. При проведении тестирования было выделено три типа оборонительной реакции на человека: 1) агрессивное поведение; 2) трусливое поведение с реакцией страха на человека; 3) ручное, или доместикационное, поведение.

Работа была выполнена в летний период 2019 г. на базе Экспериментальной зверофермы Института цитологии и генетики СО РАН. Для опыта отбирались взрослые самцы и самки норки разных генотипов и поведенческих реакций (табл. 1).

Длительность опыта составляла 30 дней – с 1 по 30 августа. Все животные получали

Таблица 1

Схема опыта
Experience scheme

Генотип	Поведенческий тип	Пол	Количество голов	Нормы обменной энергии, ккал	Ежедневная дача корма, г
Standard dark brown (+/+)	Ручные	♀	155	290	190
		♂	44	430	250
	Агрессивные	♀	157	290	190
		♂	53	430	250
Hedlund-white (h/h)	Ручные	♀	42	290	190
		♂	6	430	250
	Агрессивные	♀	22	290	190
		♂	4	430	250
Черный хрусталь (C _R /+)	Ручные	♀	13	290	190
		♂	4	430	250
	Агрессивные	♀	28	290	190
		♂	19	430	250

единый рацион в соответствии с рекомендуемыми нормами. Потребность самок в обменной энергии в период исследований составляла 290 ккал, самцов – 430.

Ежедневно корм взвешивали перед раздачей (190 г на 1 голову самкам и 250 – самцам) и по остаткам определялось количество съеденного корма за сутки на группу и на 1 голову.

Поедаемость оценивалась по показателю съеденного корма самцами и самками разных генотипов и поведения. Принимая во внимание тот факт, что на потребление корма оказывает влияние температурный фактор, представлялось целесообразным оценивать поедаемость по семидневым периодам. Сравнение данных было проведено по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что генотип оказывает существенное влияние на многие аспекты жизни животного. Так, норки различных генотипов

отличаются не только окрасом, но и уровнем обмена веществ, жизнеспособностью, воспроизводительной способностью и др.

В связи с этим одной из задач данного исследования являлось определение взаимосвязи между генотипом животного и количеством съеденного им корма (табл. 2, 3).

Разности в потреблении корма по горизонтали в генотипах стандарт, хедлунд и черный хрусталь ни среди самок, ни среди самцов не отмечено. Варьирование по самкам – 172,8–185,8, по самцам – 218,6–241,8 г.

При сравнении данных о потреблении корма самками были получены следующие результаты. В первый период наблюдений различий в потреблении корма не было. Однако во второй период наблюдалось увеличение потребления корма на 13 г самками хедлунд по сравнению с самками генотипа черный хрусталь. В третий период также наибольшее количество корма было съедено самками генотипа хедлунд в сравнении с генотипами

Таблица 2

Потребляемость корма американской норкой в зависимости от генотипа (данные по агрессивному типу)
Feed intake by American mink, depending on genotype (data for aggressive type)

Генотип	Пол	Потреблено корма по периодам, г		
		I	II	III
Standard dark brown (+/+)	♀	179,8±2,0	180,8±2,1	179,4±1,7
	♂	232,4±3,9	233,8±3,6	239,4±2,4
Hedlund-white (h/h)	♀	177,4±2,5	185,8*±2,0	185,6**±0,7
	♂	236,6±4,0	218,6±14,0	230,6±4,9
Черный хрусталь (C _R /+)	♀	174,4±4,5	172,8±3,6	174,4±3,1
	♂	234,2±5,6	239,8±2,8	241,8±3,2

Примечание. Здесь и далее: *P<0,05; **P<0,01.

Hereinafter: *P<0,05; **P<0,01.

Таблица 3

Потребляемость корма американской норкой по периодам в зависимости от генотипа
(данные по ручному типу)
Feed consumption by American mink by periods depending on genotype (data by hand type)

Генотип	Пол	Потреблено корма по периодам, г		
		I	II	III
Standard dark brown (+/+)	♀	173,8±3,0	177,4**±1,6	176,8±2,0
	♂	242,4±1,1	242,8±1,0	242,6±1,7
Hedlund-white (h/h)	♀	178,4±1,8	175,6*±2,0	181,2±1,7
	♂	229,8±5,5	239,2±1,9	238,8±3,3
Черный хрусталь (C _R /+)	♀	175,4*±4,2	161,0±4,4	173,6±4,1
	♂	236,4±2,5	236,8±4,3	229,8±8,5

стандарт и черный хрусталь – на 6,2 и 11,2 г соответственно.

Сравнение данных по вертикали о потреблении корма самцами различных генотипов по периодам наблюдений не показывает существенной разности.

Как и в случае с животными-агрессорами, различий в потреблении корма самцами и самками по горизонтали не было, за исключением самок генотипа черный хрусталь, которые в первый период поедали на 14,4 г корма больше, чем во второй.

При сравнении данных по периодам среди самок были получены следующие результаты. В первый и третий периоды разницы в коли-

честве съеденного корма не наблюдалось. Во второй период наименьшую потребляемость корма показали самки генотипа черный хрусталь в сравнении с самками стандартными и хедлунд – на 16,4 и 14,6 г соответственно. Существенных различий в потреблении корма самцами по тем же периодам нет.

В какой степени влияет поведенческий тип на потребление корма, показано в табл. 4.

Самки-агрессоры генотипов стандарт и хедлунд за весь период исследований потребляли больше корма, чем самки ручного типа поведения (на 4,0 и 4,5 г соответственно). Стандартные самцы ручного типа потребляли на 7,4 г корма больше, чем агрессивного.

Таблица 4

Потребление корма американской норкой в зависимости от поведенческого типа за весь период опыта
Food consumption of American mink, depending on the behavioral type for the entire period

Генотип	Пол	Потреблено корма, г	
		агрессоры	ручные
Standard dark brown (+/+)	♀	180,0*±1,0	176,0±1,3
	♂	235,2±1,9	242,6**±0,7
Hedlund-white (h/h)	♀	182,9*±1,4	178,4±1,2
	♂	228,6±5,1	235,9±2,4
Черный хрусталь (C _R /+)	♀	173,9±2,0	170,0±2,8
	♂	238,6±2,3	234,3±3,2

Различий в потреблении корма норками различного поведения генотипа черный хрусталь не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. При сравнении данных по самкам различных генотипов были получены следующие результаты. В первый период наблюдений разности в количестве съеденного корма не было. Однако во второй период агрессивные самки хедлунд потребили на 13 г больше по сравнению с самками генотипа черный хрусталь. В этот же период среди самок ручного типа наименьшую потребляемость корма показали самки генотипа черный хрусталь в сравнении со стандартными и хедлунд – на

16,4 и 14,6 г соответственно. В третий период среди самок-агрессоров больше всего потребили кормов самки хедлунд в сравнении с генотипами стандарт и черный хрусталь – на 6,2 и 11,2 г соответственно. Различий в потреблении корма самцами разных генотипов по тем же периодам нет.

2. Самки-агрессоры генотипов стандарт и хедлунд за весь период исследований потребляли больше корма, чем самки ручного типа поведения (на 4,0 и 4,5 г соответственно). Ручные самцы стандартного генотипа потребляли на 7,4 г корма больше, чем агрессивные. Различий в потреблении корма норками различного поведения генотипа черный хрусталь не наблюдалось.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Selection for temperament has no negative consequences on important production traits in farmed mink* / J. P. Thirstrup, T. M. Villumsen, J. Malmkvist, M. S. Lund // *Journal of Animal Science*. – 2019. – N 97 (5). – P. 1987–1995.
2. *Interplay between aggression, brain monoamines and fur color mutation in the American mink* / A. V. Kulikov, E. Y. Bazhenova, E. A. Kulikova [et al.] // *Genes, Brain and Behavior*. – 2016. – N 15 (8). – P. 733–740.
3. *Wilkins A. S., Wrangham R. W., Fitch W. T.* The «Domestication Syndrome» in Mammals: A Unified Explanation Based on Neural Crest Cell Behavior and Genetics // *Genetics*. – 2014. – N 197 (3). P. 795–808.
4. *Транезов О. В.* Об одомашнивании пушных зверей (к 140-летию выхода в России труда Ч. Дарвина: «Прирученные животные и возделанные растения») // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 45–61.
5. *Taraska M., Sulik M., Lasota B.* Comparison of the craniometric parameters of wild and farm American mink (*Mustela vison*) // *Folia Morphol.* – 2016. – N 75 (2). – P. 251–256.
6. *Ревякин И. М., Пугач Е. А.* Основные анатомо-топографические особенности внутренних органов клеточной американской норки // Ученые записки Учреждения образования Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины. – 2015. – Т. 51, № 1–1. – С. 122–125.
7. *Колдаева Е. М., Колдаев Н. А.* Доместикация и хозяйственно полезные признаки у пушных зверей // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 62–75.
8. *Моделирующее 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, Т. Н. Ильина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2015. – Т. 19, № 3. – С. 296–302.
9. *Попова Н. К.* Доместикация и мозг: сорок лет спустя // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21, № 4. – С. 414–420.
10. *Ивонин Ю. В., Ивоина О. Ю.* Изменчивость весовых и размерных показателей дикой американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777), обитающей в бассейне реки Голоустная, и клеточной норки зверохозяйства «Большереченское» Иркутской области // Современные

технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 25 апреля 2017 г. – Пенза, 2017. – С. 24–27.

11. Федорова О.И. Доместикационные преобразования в ходе промышленного разведения американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777) // Информационный вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 91–98.
12. Морфометрические параметры осевого скелета у норок хедлунд, пастель и сканблек / А. А. Ходусов [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. – 2019. – № 2 (34). – С. 26–33.
13. Федорова О.И. Преобразование и изменчивость экстерьерных и интерьерных признаков у американских норок (*Mustela vison* Schreber, 1777) в процессе их промышленной доместикации // Информационный вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 578–587.
14. Федорова О.И. Доместикационные преобразования интерьерных признаков американских норок в ходе их промышленного разведения // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2013. – Т. 214. – С. 465–469.
15. Федорова О.И. Влияние доместикации на хозяйственно полезные и морфофизиологические признаки норки американской (*Mustela vison* Schreber, 1777), хорька (*Mustela putorius* L., 1758) и сурка степного (*Marmota bobak* Mull., 1776) при промышленной технологии разведения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2014. – 46 с.

REFERENCES

1. Thirstrup J.P., Villumsen T.M., Malmkvist J., Lund M.S., Selection for temperament has no negative consequences on important production traits in farmed mink, *Journal of Animal Science*, 2019, No. 97 (5), pp. 1987–1995.
2. Kulikov A.V., Bazhenova E.Y., Kulikova E.A., Fursenko D.V., Trapezova L.I., Terenina E.E., Mormede P., Popova N.K., Trapezov O.V., Interplay between aggression, brain monoamines and fur color mutation in the American mink, *Genes, Brain and Behavior*, 2016, No. 15 (8), pp. 733–740.
3. Wilkins A.S., Wrangham R.W., Fitch W.T., The «Domestication Syndrome» in Mammals: A Unified Explanation Based on Neural Crest Cell Behavior and Genetics, *Genetics*, 2014, No. 197 (3), pp. 795–808.
4. Trapezov O.V., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2007, Vol. 11, No. 1, pp. 45–61. (In Russ.)
5. Taraska M., Sulik M., Lasota B., Comparison of the craniometric parameters of wild and farm American mink (*Mustela vison*), *Folia Morphol*, 2016, No. 75 (2), pp. 251–256.
6. Revyakin I.M., Pugach E.A., *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny*, 2015, Vol. 51., No. 1–1, pp. 122–125. (In Russ.)
7. Koldaeva E.M., Koldaev N.A., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2007, Vol. 11., No. 1, pp. 62–75. (In Russ.)
8. Sergina S.N., Ilyukha V.A., Baishnikova I.V., Il'ina T.N., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2015, Vol. 19., No. 3, pp. 296–302. (In Russ.)
9. Popova N.K., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2017, Vol. 21, No. 4, pp. 414–420. (In Russ.)
10. Ivonin Yu.V., Ivonina O. Yu., *Sovremennye tekhnologii: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii* (Modern technologies: current issues, achievements and innovations), Collection of Reports of the International Scientific and Practical Conference, April 25, 2017, Penza, 2017, pp. 24–27. (In Russ.)
11. Fedorova O.I., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2007, Vol. 11, No. 1, pp. 91–98. (In Russ.)
12. Khodusov A.A., Ponomareva M.E., Mikhailenko V.V., Zakotin V.E., Didzhokaite N.A., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2019, No. 2 (34), pp. 26–33. (In Russ.)

13. Fedorova O. I., *Informatsionnyi vestnik VOGiS*, 2009, Vol. 13, No. 3, pp. 578–587. (In Russ.)
14. Fedorova O. I., *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana*, 2013, Vol. 214, pp. 465–469. (In Russ.)
15. Fedorova O. I., *Vliyanie domestikatsii na khozyaistvenno poleznye i morfofiziologicheskie priznaki norki amerikanskoi (Mustela vison Schreber, 1777), khor'ka (Mustela Putorius L., 1758) i surka stepnogo (Marmota bobak Mull., 1776) pri promyshlennoi tekhnologii razvedeniya* (Influence of domestication on economically useful and morphophysiological traits of American mink (*Mustela vison* Schreber, 1777), ferret (*Mustela Putorius* L., 1758) and steppe marmot (*Marmota bobak* Mull., 1776) in industrial breeding technology), Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, 2014, 46 p.

**ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ
НА СОДЕРЖАНИЕ НАТРИЯ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ СЫНОВЕЙ****М.В. Стрижкова**, кандидат биологических наук**О.И. Себежко**, кандидат биологических наук, доцент**Т.В. Коновалова**, старший преподаватель**К.Н. Нарожных**, кандидат биологических наук, доцент,
зав. лабораторией**В.А. Андреева**, аспирант**О.С. Короткевич**, доктор биологических наук, профессор**В.Л. Петухов**, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: vet-gen-dep@nsau.edu.ru

Ключевые слова: макроэлементы, сыворотка крови, натрий, голштинская порода, генотип быков-производителей

Реферат. *Изучение биологической роли химических элементов у сельскохозяйственных животных является одной из актуальных проблем, которую продолжают исследовать ученые. В Сибири проводят комплексное изучение генофонда и фенофонда пород и видов сельскохозяйственных животных. Важным вопросом является поиск прижизненных маркеров накопления макроэлементов, в т.ч. натрия в органах и тканях животных. В статье приведены данные о содержании натрия в сыворотке крови потомства, полученного от быков-производителей голштинской породы. Эксперимент проведен в ОАО «Ваганово» Кемеровской области. Концентрацию натрия определяли атомно-эмиссионным методом на спектрометре ICP AES IRIS в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН. В области разведения голштинского скота отсутствует превышение ПДК тяжелых металлов в почве, воде, кормах, органах и тканях животных. Установлено влияние генотипа отцов голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей. Концентрация натрия у потомков Фабио была в 1,9 раза выше (240,4 мг/л), чем у сыновей Брио ($P < 0,001$). Быки-производители по уровню натрия в сыворотке потомков располагались в следующем порядке: Брио < Бонэир < Малстрем < Фабио в соотношении 1 : 1,3 : 1,5 : 1,9. Фенотипическая изменчивость этого элемента между потомством разных производителей отличалась в 3 раза и более. Межпородная дифференциация, влияние генотипа производителей, различия между линиями и семействами говорят о наследственной детерминации устойчивости и восприимчивости к аккумуляции макро- и микроэлементов в органах и тканях животных.*

INFLUENCE OF THE GENOTYPE OF HOLSTEIN BREED BULLS-PRODUCERS ON THE SODIUM CONTENT IN THE BLOOD SERUM OF SONS

M.V. Strizhkova, Candidate of Biological Sciences

O.I. Sebezko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

T.V. Konovalova, Senior Lecturer

K.N. Narozhnykh, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the laboratory

V.A. Andreeva, PhD-student

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: macronutrients, blood serum, sodium, Holstein breed, genotype of sire bulls

Abstract. The study of the biological role of chemical elements in farm animals is one of the issues that scientists continue to investigate. A comprehensive study of the gene pool and phenofund of breeds and species of farm animals is being carried out in Siberia. An important issue is the search for vital markers of macronutrient accumulation, including sodium in organs and tissues of animals. The article presents data on the content of sodium in the blood serum of offspring obtained from bulls-producers of the Holstein breed. The experiment was carried out at OAO Vaganovo, Kemerovo region. The sodium concentration was determined by the atomic emission method on an ICP AES IRIS spectrometer at the V.S. Sobolev Analytical Center for Collective Use of the Institute of Geology and Mineralogy SB RAS. In the area of Holstein cattle breeding, there is no excess of LOC for heavy metals in soil, water, feed, organs and tissues of animals. The influence of the genotype of the fathers of the Holstein breed on the sodium content in the blood serum of sons was established. The sodium concentration in Fabio's offspring was 1.9 times higher (240.4 mg/l) than in Brio's sons ($P < 0.001$). By the level of sodium in the serum of offspring, bulls-producers were arranged in the following order: Brio < Bonaire < Malstrom < Fabio in a proportion of 1: 1.3: 1.5: 1.9. The phenotypic variability of this element between the offspring of different producers differed by 3 times or more. Interbreed differentiation, the influence of the genotype of producers, differences between lines and families sign the hereditary determination of resistance and susceptibility to the accumulation of macro- and microelements in organs and tissues of animals.

Изучение биологической роли химических элементов у сельскохозяйственных животных является актуальной проблемой, которую продолжают исследовать ученые, причем до конца роль каждого химического элемента не определена [1–3].

В организме животных натрий в наибольшем количестве находится в жидкостях, органах и тканях (соединительная ткань, кожа). Он является одним из распространенных макроэлементов межклеточных жидкостей [4–5].

Известно, что натрий принимает участие в обмене веществ (пищеварительные ферменты, обмен сахаров, минералов, аминокислот). От уровня натрия в крови и тканях зависит ос-

мотическое давление и поддержание кислотно-щелочного равновесия организма [6–8].

В Сибири проводят комплексное изучение генофонда и фенофонда пород и видов сельскохозяйственных животных [9–11].

Недостаточная изученность влияния генотипа быков-производителей на содержание макроэлементов в сыворотке крови потомков у животных голштинской породы за рубежом и в Западной Сибири служит основанием для проведения научных исследований по содержанию и изменчивости химических элементов в сыворотке крови [12–13]. Важным вопросом является поиск прижизненных маркеров накопления макроэлементов, в т.ч. натрия, в органах и тканях животных [10].

Цель исследований – определить влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови их сыновей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовано влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на концентрацию натрия в сыворотке крови сыновей. В ОАО «Ваганово» сформировано четыре группы быков 12–14-месячного возраста, которые находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Перед забоем животных из яремной вены после 12–18-часовой голодной диеты были взяты пробы крови. Концентрацию натрия в крови исследовали в Аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН с применением метода атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе ICP AES IRIS.

В зоне разведения голштинского скота проводился постоянный комплексный мониторинг элементного состава воды, почвы, растений, органов и тканей животных [14–15]. В почве, воде и кормах разных районов Сибири уровень содержания микроэлементов находится в пределах агрохимических и биогеохимических норм [16]. Содержание тяжелых металлов не превышает ПДК [17].

Для оценки нормальности распределения применен критерий Шапиро-Уилка.

Данные исследований обработаны с использованием методов описательной статистики на языке программирования R в среде анализа данных RStudio (версия 1.1.463).

Построена дендрограмма, которая дает представление о сходстве генотипов быков-производителей по концентрации натрия в сыворотке крови их потомков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В доступной нам литературе мы нашли очень мало работ, посвященных изучению наследственной обусловленности содержания макро- и микроэлементов в органах и тканях животных различных пород и видов [18–20].

В таблице показана средняя концентрация натрия в сыворотке крови потомков разных быков-производителей. При этом важно отметить, что с момента рождения до 12–14-месячного возраста все четыре группы животных находились в абсолютно одинаковых условиях содержания и кормления. Видно, что у сыновей Фабио в сыворотке крови концентрация натрия была в 1,9 раза выше, чем у потомков Брио ($P < 0,001$).

Меньше концентрация натрия была и у сыновей Бонэира в сравнении с потомками Фабио ($P < 0,05$). По мере убывания концентрации натрия производители располагаются в следующем порядке: Фабио > Малстрем > Бонэир > Брио в соотношении 1,9 : 1,5 : 1,3 : 1.

Уровень натрия в сыворотке животных отличается большой фенотипической изменчивостью. Для потомков Брио характерна небольшая индивидуальная изменчивость, которая в несколько раз ниже, чем, например, у сыновей Бонэира.

На рис. 1 показан размах изменчивости уровня натрия в потомстве разных быков-

Влияние генотипа отцов голштинской породы на концентрацию натрия в сыворотке потомков, мг/кг
Influence of the genotype of fathers of the Holstein breed on the concentration of sodium in the serum of
offspring, mg / kg

Кличка отца	n	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Me	σ	Cv	lim	Отношение крайних вариант
Фабио	11	240,4±6,8	239	22,4	36,5	197–279	1 : 1,4
Малстрем	8	182,1±22,7	177	64,1	35,2	79–304	1 : 3,8
Бонэир	6	158,3±34,7	169,5	84,9	53,6	50–283	1 : 5,7
Брио	9	124,9±15,2	139,9	22,4	9,3	44–173	1 : 3,9
Всего	34	181,6±11,8	178,5	68,9	37,9	44–304	1 : 6,9

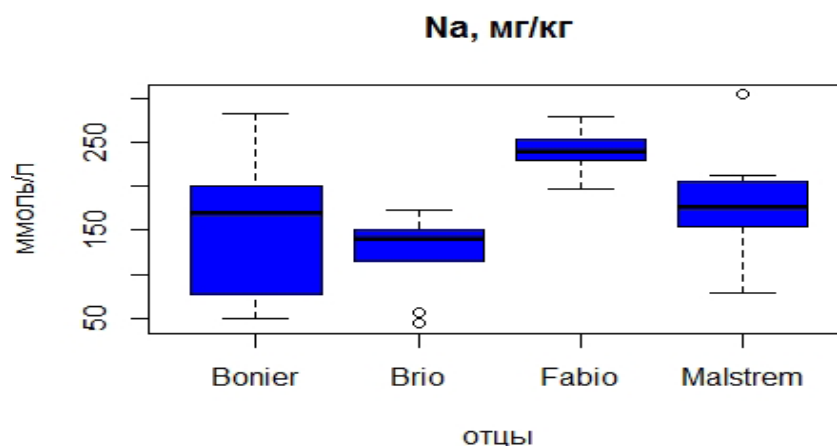


Рис. 1. Диаграмма Box plot размаха уровня натрия в сыворотке потомков некоторых быков
Box plot diagram of the range of serum sodium levels in offspring of some bulls

производителей. У потомков Бонэира наблюдается значительное отклонение от Ме – 0,25 квантиля и вследствие этого имеется большой интерквартильный размах. Наименьший интерквартильный размах уровня натрия характерен для сыновей Фабио.

Ранжированный ряд быков по величине Ме выглядит так: Фабио > Малстрем > Бонэир > Брио в соотношении 1,71 : 1,26 : 1,21 : 1. Ранжированные ряды по $\bar{X}$ и Ме имеют близкие значения.

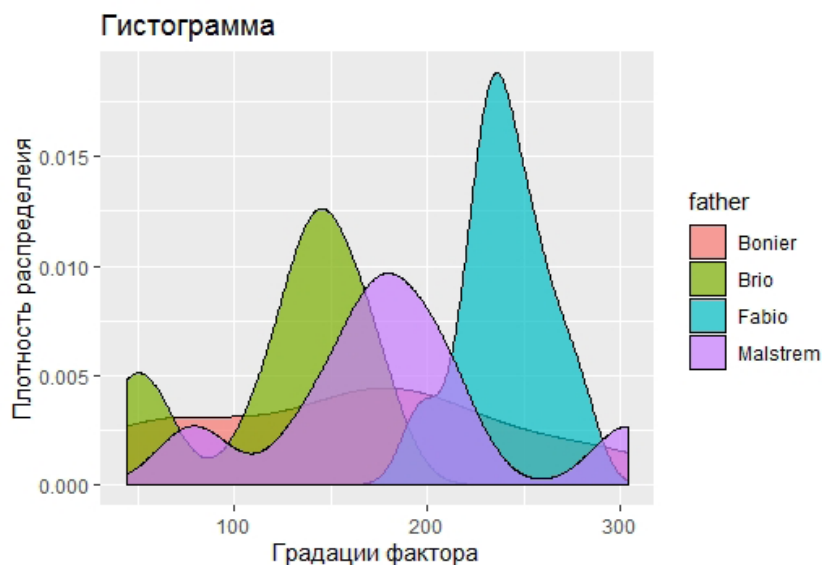


Рис. 2. Гистограмма распределения концентрации натрия у потомков четырех быков-производителей
Histogram of sodium concentration distribution in the offspring of four breeding bulls

На рис. 2 представлена гистограмма распределения уровня натрия в потомстве четырех отцов.

Выделены три кластера по аккумуляции натрия в сыворотке крови потомков разных отцов (рис. 3).

Отдельный кластер представляют потомки Фабио, что свидетельствует о роли генотипа производителей в уровне натрия в сыворотке крови потомков.

Для натрия норматив содержания в сыворотке крови находится в пределах 135–

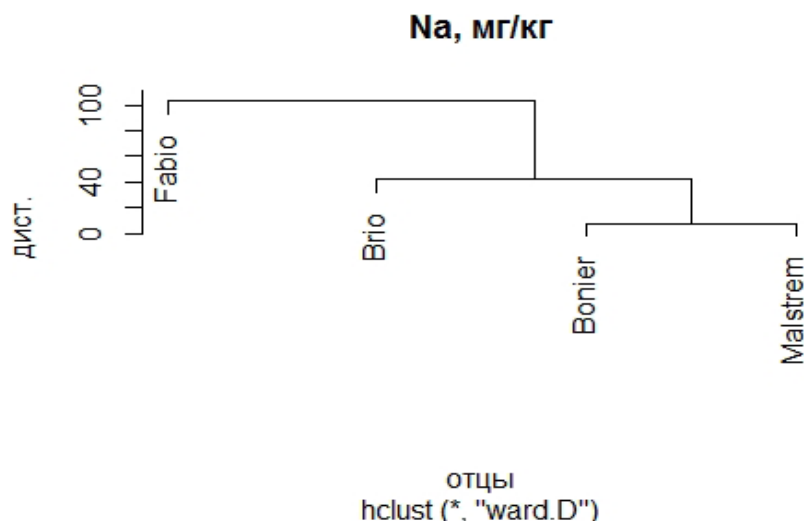


Рис. 3. Дендрограмма сходства содержания натрия в сыворотке крови некоторых быков-производителей

Dendrogram of the similarity of the sodium content in the blood serum of some sires

148 ммоль/л. В зарубежных нормативах норма для натрия находится в этих же пределах (135–150 ммоль/л) [27]. Дефицитом является уровень 100–124 ммоль/л, а токсическая доза – 150–250 ммоль/л. По этим нормам все потомки Фабио имели повышенное содержание натрия. У некоторых сыновей трех других производителей наблюдался дефицит натрия или превышение нормы. К сожалению, при определении этих норм не учитываются породные особенности (например, направление и уровень продуктивности) и экологические условия [21–23].

Полученные данные свидетельствуют о наследственной детерминации уровня натрия в сыворотке крови. В наиболее ранних исследованиях Анке и Шелльнера показана генетическая обусловленность концентрации натрия в молоке коров. Они выявили различия между семействами коров по уровню данного элемента в молоке.

У других видов животных выявлено влияние линии и семейства на устойчивость и предрасположенность животных к содержанию химических элементов в органах и тканях. Так, по данным О.А. Зайко [28], генофонд линий и семейств скороспелой мясной породы свиней СМ-1 влиял на содержание свинца в щетине и других органах и тканях. Например, у свиней из семейства Северянка содержание свинца в легких было в 1,7 раза

выше (0,97 мг/кг), чем у животных семейства Синецы. Сила влияния генофонда свиней на уровень свинца в легких была равна 42,1% ($P < 0,05$) [29].

Было показано, что существуют межпородные различия у крупного рогатого скота по концентрации меди в волосе животных [27]. У голштинского скота содержание железа в волосе зависело от генотипа быков-производителей [11, 24, 26].

Таким образом, межпородная дифференциация, влияние генотипа производителей, различия между линиями и семействами говорят о наследственной детерминации устойчивости и восприимчивости к аккумуляции макро- и микроэлементов в органах и тканях животных.

В этом плане интересны работы, в которых показана методика прижизненного определения уровня элементов в органах и тканях [10, 25], предоставляющего возможность проведения комплексной оценки интерьера животных по концентрации химических элементов в теле животных.

ВЫВОДЫ

1. Установлено влияние генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови потомства. У потомков некоторых быков кон-

центрация натрия была в 1,9 раза выше, чем у других (240,4 и 124,9 мг/кг). Уровень натрия в крови характеризуется высокой фенотипической изменчивостью, которая различалась между потомками разных отцов.

2. Полученные данные по содержанию натрия можно предварительно принять в качестве референсных значений для характеристики интерьера, в ветеринарных и экологических исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стрижкова М.В.* Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота черно-пестрой породы: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2018. – 131 с.
2. *Стрижкова М.В., Короткевич О.С., Коновалова Т.В.* Изменчивость и взаимосвязи макроэлементов в печени крупного рогатого скота черно-пестрой породы // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 5. – С. 743.
3. *Стрижкова М.В., Коновалова Т.В., Короткевич О.С.* Содержание макроэлементов в сыворотке крови животных черно-пестрой породы // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 4(45). – С. 75-82.
4. *Нарожных К.Н., Стрижкова М.В., Коновалова Т.В.* Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2-10. – С. 2158-2163.
5. *Стрижкова М.В., Короткевич О.С.* Содержание макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2008. – № 5 (185). – С. 89-93.
6. *Genetic similarity of siberian pig breeds in allele frequencies of serum protein allotype systems / E.V. Kamaldinov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich [et al.] // Indian Veterinary Journal*. – 2018. – Vol. 95, N. 2. – P. 47-49.
7. *Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Короткевич О.С.* Корреляция убойной массы и содержания тяжелых металлов в органах бычков герефордской породы // *Главный зоотехник*. – 2015. – № 3. – С. 37-42.
8. *Федяев Ю.И., Коновалова Т.В.* Аккумуляция кадмия в почках у бычков голштинской породы // *Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. IV Всерос. (нац.) науч. конф.* – Новосибирск, 2019. – С. 112-114.
9. *Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин [и др.] // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 2(43). – С. 52-61.
10. Патент на изобретение RU 2548774 C1. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2014111570/15 от 25.03.2014; Опубл. 20.04.2015.
11. *Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens / V.L. Petukhov, I.A Afonina, M.A. Kleshchev [et al.] // Indian Journal of Ecology*. – 2019. – Vol. 46, N. 4. – P. 901-906.
12. *Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L.V. Osadchuk, M.A. Kleshchev, O.I. Sebezshko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. – 2017. – Vol. 31, N. 1. – P. 35-42.
13. *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.
14. *Iron* content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44, N. 2. – P. 217-220.
15. *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, N. 4. – P. 368-374.
16. *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.
17. *Содержание железа* в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю. Ефанова, О. Короткевич, В. Петухов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 1. – С. 24-25.
18. *Single nucleotide polymorphism* in dairy cattle populations of West Siberia / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov [et al.] // Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. – Vancouver, Canada, 2014.
19. *Закономерности* аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1447.
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. – P. 74.
21. *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.
22. *Устойчивость* красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В.В. Ильин, А.И. Желтиков, О.С. Короткевич, Т.В. Коновалова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 65-68.
23. *Патент* на изобретение RU 2426119 C1. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, А.И. Желтиков, Т.В. Петухова. – Заявка № 2010111307/15 от 24.03.2010; Оpubл. 10.08.2011.
24. *Межвидовые* различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5815-5819.
25. *Патент* на изобретение RU 2602915 C1. Способ определения концентрации свинца в легких крупного рогатого скота / Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных [и др.]. – Заявка № 2015130994/15 от 24.07.2015; Оpubл. 20.11.2016.
26. *Патент* на изобретение RU 2414124 C2. Способ получения высокопродуктивных производителей сельскохозяйственных животных / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – Заявка № 2009122691/10 от 15.06.2009; Оpubл. 20.03.2011.
27. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляция и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
28. *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.

29. Зайко О.А., Коновалова Т.В. Влияние генофонда семейств скороспелой мясной породы на аккумуляцию свинца в некоторых органах и тканях свиней // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 4(41). – С. 432-434.

REFERENCES

1. Strizhkova M.V., *Soderzhanie, izmenchivost' i korrelyaciya makroelementov v organah i tkanyah krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody* (Content, variability and correlation of macronutrients in organs and tissues of black-and-white cattle), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2018, 131 p.
2. Strizhkova M.V., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 5, pp. 743. (In Russ.)
3. Strizhkova M.V., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 4 (45), pp. 75-82. (In Russ.)
4. Narozhnyx K.N., Strizhkova M.V., Konovalova T.V., *Fundamental'ny'e issledovaniya*, 2015, No. 2-10, pp. 2158-2163. (In Russ.)
5. Strizhkova M.V., Korotkevich O.S., *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki*, 2008, No. 5 (185), pp. 89-93. (In Russ.)
6. Kamaldinov E.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [et al.], Genetic similarity of siberian pig breeds in allele frequencies of serum protein allotype systems, *Indian Veterinary Journal*, 2018, Vol. 95, No. 2, pp. 47-49.
7. Narozhnyx K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Glavnyj zootexnik*, 2015, No. 3, pp. 37-42. (In Russ.)
8. Fedyaev Yu.I., Konovalova T.V., *Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitii sel'skix territorij* (The role of agricultural science in sustainable development of rural areas), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2019, pp. 112-114. (In Russ.)
9. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., Shishin N.G. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2 (43), pp. 52-61. (In Russ.)
10. Korotkevich O.S., Narozhnyx K.N., Konovalova T.V. [i dr.], *Patent na izobretenie RUS 2548774 CI*, Invention patent, 25.03.2014. (In Russ.)
11. Petukhov V.L., Afonina I.A., Kleshchev M.A. [et al.], Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicators in laying hens, *Indian Journal of Ecology*, 2019, Vol. 46, No. 4, pp. 901-906.
12. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezhko O.I. [et al.], Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35-42.
13. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I. [et al.], Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, T. 9, No. 9, pp. 1530-1535.
14. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I. [et al.], 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.
15. Syso A.I., Lebedeva M.A., Cherevko A.S. [et al.], Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368-374.

16. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.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.
17. Narozhny`x K.N., Efanova Yu., Korotkevich O., Petuxov V., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2013, No. 1, pp. 24-25. (In Russ.)
18. Korotkevich O.S., Lyukhanov M.P., Petukhov V.L. [et al.], Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of west Siberia, *Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Vancouver, Canada, 2014.
19. Narozhny`x K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. [i dr.], *Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, pp. 1447. (In Russ.)
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, pp. 74. (In Russ.)
21. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [et al.], Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia, *Indian Journal of Ecology*, 2017, T. 44, No. 3, pp. 662-666.
22. Il`in V.V., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No. 4, pp. 65-68. (In Russ.)
23. Petuxov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petuxova T.V., *Patent na izobretenie RU 2426119 CI*, Invention patent, 10.08.2011. (In Russ.)
24. Narozhny`x K.N., Konovalova T.V., Miller I.S. [i dr.], *Fundamental`ny`e issledovaniya*, 2015, No. 2-26, pp. 5815-5819. (In Russ.)
25. Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Narozhny`x K.N. [i dr.], *Patent na izobretenie RU 2602915 CI*, Invention patent, 20.11.2016. (In Russ.)
26. Petuxov V.L., E`rnst L.K., Zheltikov A.I. [i dr.], *Patent na izobretenie RU 2414124 C2*, Invention patent, 20.03.2011. (In Russ.)
27. Narozhny`x K.N., *Izmenchivost`, korrelyaciya i uroven` tyazhely`x metallov v organax i tkanyax gereforskogo skota v usloviyax Zapadnoj Sibiri* (Variability, correlation and level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p.
28. Zajko O.A., *Izmenchivost` i korrelyacii ximicheskix e`lementov v organax i tkanyax svinej skorospeloy 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, 182 p.
29. Zajko O.A., Konovalova T.V., *Mir nauki, kul`туры, obrazovaniya*, 2013, No. 4(41), pp. 432-434. (In Russ.)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРОТЕИНА В КОРМЛЕНИИ НОВОТЕЛЬНЫХ КОРОВ

Е. Г. Чуприна, аспирант

Д. А. Юрин, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

А. Б. Власов, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

Н. А. Юрина, доктор сельскохозяйственных наук,
заведующий отделом

Ключевые слова: защищенный белок, кормовая добавка PassPro Баланс, новотельная корова, сухое вещество, среднесуточный удой, молочная продуктивность

ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии
и ветеринарии», Краснодар, Россия
E-mail: naden8277@mail.ru

Реферат. *Ведение интенсивного молочного скотоводства в современных условиях невозможно без прочной кормовой базы и использования высококачественных кормовых средств. Высокий уровень продуктивности коров предполагает полноценное питание животного во все физиологические периоды его жизни. Ввиду того, что коровы в первый период лактации потребляют относительно мало корма, первоочередной задачей животноводов является обеспечение организма высокопродуктивных животных необходимым количеством энергии, протеина и других питательных веществ. В статье приведены данные научного эксперимента по использованию в рационах для новотельных коров не распадаемого в рубце протеина PassPro Баланс. Изучаемая кормовая добавка способствует повышению уровня потребления сухого вещества животными. Среднесуточный удой опытной группы, получавшей изучаемую добавку, достоверно увеличился – на 12,0 % ($P < 0,05$) в сравнении с контролем. Установлена также тенденция к повышению содержания жира в молоке коров опытной группы. Согласно данным биохимического анализа сыворотки крови коров, уровень содержания альбуминов у всех животных находился в пределах физиологической нормы. Содержание глобулинов было ниже нормы у животных всех групп без достоверно значимых различий. Активность ферментов AST и ALT между группами отличалась недостоверно. Однако следует отметить, что в обеих группах эти показатели были в пределах нормы. Уровень щелочной фосфатазы имел тенденцию к повышению в опытной группе на 20,8 % по сравнению с контролем. Скармливание добавки PassPro Баланс в рационах для опытной группы позволило получить 2565,00 руб. дополнительной прибыли, при этом уровень рентабельности производства молока повысился на 2,02 % относительно контроля.*

EFFECTIVENESS OF A FEED ADDITIVE WITH A HIGH DEGREE OF PROTEIN PROTECTION IN FEEDING FRESH COWS

E. G. Chupurina, PhD-student

D. A. Iurin, Candidate of Agricultural Sciences, Lead Researcher

A. B. Vlasov, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

N. A. Iurina, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the department

FSBSI «Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine», Krasnodar, Russian Federation

Key words: protected protein, PassPro Balance feed additive, fresh cow, dry matter, average daily milk yield, milk productivity.

Abstract. Intensive dairy farming in modern conditions is impossible without a solid forage base and the use of high-quality forage resources. A high level of cow productivity presupposes adequate nutrition for the animal at all physiological periods of its life. Due to the fact that cows consume relatively little feed during the first period of lactation, the primary task of livestock breeders is to provide the body of highly productive animals with the necessary amount of energy, protein and other nutrients. The article presents the data of a scientific experiment on the use of non-degradable protein in the rumen PassPro Balance in diets for fresh cows. The feed additive under study contributes to an increase in the level of dry matter consumption by animals. The average daily milk yield of the experimental group, which received the studied supplement, significantly increased by 12.0% ($P < 0.05$) in comparison with the control group. There was also established a tendency to an increase in the fat content in the milk of cows from the experimental group. According to the biochemical analysis of the blood serum of cows, the level of albumin in all animals was within the physiological norm. The content of globulins was below the norm in animals of all groups without significantly significant differences. The activity of the AST and ALT enzymes between the groups did not differ significantly. However, it should be noted that in both groups these indicators were within the normal range. The level of alkaline phosphatase tended to increase in the experimental group by 20.8% in comparison with the control group. Feeding PassPro Supplements Balance in the diets for the experimental group made it possible to receive 2565,00 rubles of additional profit, while the level of profitability of milk production increased by 2.02% relative to control.

В условиях ведения интенсивного животноводства основные затраты приходятся на корма и различные кормовые средства. Очевидно, что только использование высококачественных кормов является залогом повышения качества и наращивания объемов производства продукции животноводства. Известно, что в комбикормовом производстве существует определенный ряд трудностей, что заставляет вести поиск и разработку новых систем приготовления кормов [1].

Глубокие научные исследования в области физиологии высокопродуктивных коров, а также современный опыт ведения интенсивного скотоводства свидетельствуют о том, что дефицит питательных веществ в рационе

сильно усложняет задачу полноценного кормления животных [2, 3].

Ввиду естественных физиологических процессов организм высокопродуктивной коровы в течение первых месяцев лактации после отела испытывает дефицит энергии. Это связано с тем, что животное физически не способно в данный период потребить большое количество кормов. Как следствие, корова использует на синтез молока собственные запасы организма, если таковые имеются. Поэтому возникает острая необходимость насытить рацион дополнительными питательными веществами [4].

Одной из основных проблем в кормлении новотельных высокопродуктивных коров

является обеспечение оптимального уровня протеина [1, 5]. Здесь огромное значение отводится протеину, который не расщепляется в рубце. Чтобы повысить уровень его содержания в рационах, используют специальные белковые добавки [6]. Отсутствие или дефицит кормов и кормовых средств с высоким уровнем содержания качественного белка ощутимо отражается на производственных затратах молочных хозяйств и здоровье коров. Это обусловлено сложным устройством пищеварительной системы жвачных животных. Чем выше в ней численность микрофлоры, лучше состав и питательность кормов, тем выше уровень продуктивности животного. Как и у других видов животных, в организме жвачных полное усвоение белков происходит в тонком кишечнике [1, 5].

В практике кормления молочных животных нужно знать уровень содержания в кормах распадаемого в рубце белка для нормирования количества азота, необходимого для деятельности микрофлоры желудка. Не распавшийся в рубце протеин – собственно источник аминокислот, которые всасываются через стенки тонкого кишечника. Необходимое количество аминокислот организм жвачных получает за счет синтезированного и нераспавшегося белка кормов [7, 8].

Синтез бактериального белка обуславливается условиями жизнедеятельности микроорганизмов в преджелудках жвачных. Для нормального течения процессов требуется достаточное количество питательных веществ, поступающих с кормом [9]. Известно, что организм высокопродуктивных коров в среднем лишь на 50% обеспечивается микробиальным белком [10].

Наряду с этим очень большая часть аминокислот перерабатывается бактериями в рубце в аммиачный азот. Часть этого азота сразу всасывается в кровь и преобразуется в мочевины печенью, после чего одна часть мочевины используется бактериями рубца для синтеза белка, а другая выводится с мочой. При избытке в рационах распадаемого протеина потери азота значительно увеличиваются, тогда как дефицит его способствует

снижению интенсивности синтеза микробного белка, снижению переваримости клетчатки, крахмала [11].

Сегодня накоплено много информации в области физиологии и биохимии питания жвачных животных. За последние четыре десятилетия были разработаны стандарты и различные компьютерные программы по полноценному питанию молочных коров. Молочная продуктивность значительно повысилась за относительно короткий промежуток времени. Практический опыт животноводческих хозяйств, научные изыскания позволяют сформулировать основные направления при оценке и нормировании протеинового питания. Высокий уровень молочной продуктивности коров является предпосылкой больших потребностей животного организма в питательных веществах. Здесь одного микробного белка совсем недостаточно. В связи с этим прибегают к использованию белка, который не распадается в рубце жвачных [12, 13].

Основным источником протеина в рационах для молочных коров являются жмыхи и шроты подсолнечника, рапса, сои. Однако белок этих кормовых культур распадается в рубце на 70–80%. Несмотря на довольно высокие достижения в области интенсивного скотоводства, по-прежнему остается не решенным вопрос об обеспечении организма высокопродуктивных коров нераспадаемым в рубце («транзитным») протеином [14].

В связи со всем вышесказанным проведенные исследования являются очень актуальными.

Целью наших исследований являлось изучение эффективности применения кормовой добавки PassPro Баланс, которая состоит из защищенного белка растительного происхождения, в рационах для высокопродуктивных коров после отёла.

Для достижения заявленной цели поставлены и решены следующие задачи:

1) разработаны состав комбикормов и рационов для коров в послеродовой период с учетом ввода кормовой добавки;

2) изучено влияние скармливания PassPro Баланс на потребление сухого вещества рационами животными;

3) изучено влияние кормовой добавки с высоким содержанием защищенного протеина в рационах для коров в новотельный период на их молочную продуктивность, уровень содержания жира и белка в молоке;

3) определено влияние скармливания кормовой добавки PassPro Баланс на биохимические показатели сыворотки крови коров;

4) проведен анализ экономической эффективности использования кормовой добавки PassPro Баланс в рационах для высокопродуктивных новотельных коров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в колхозе «Большевик» Калачеевского района Воронежской области согласно общепринятой «Методике и организации зоотехнических опытов» П.И. Викторова, В.К. Менькина (Москва, 1991) и «Основам опытного дела в животноводстве» А.И. Овсянникова (Москва, 1976).

Для достижения поставленной цели проведен научный эксперимент в условиях молочно-товарной фермы. Для опыта было сформировано две группы коров по принципу пар-аналогов, по 8 голов в каждой. Животные отбирались по возрасту в отёлах, сроку отёла, живой массе, продуктивности за прошлую лактацию (с удоем не менее 8000 кг по предыдущей лактации), содержанию жира и белка в молоке.

Согласно схеме опыта 1-я (контрольная) группа животных получала основной рацион со стандартной комбикормовой смесью весь период эксперимента. Кормление новотельных коров 2-й группы было таким же, только 2 кг из всего количества концентрированного корма были заменены 2 кг добавки PassPro Баланс.

В основе технологии производства кормового продукта PassPro Баланс (ООО «Протектфид» Динского района

Краснодарского края) лежит экструдирование масличных культур, экспандирование и затем дополнительная обработка продукции под давлением и температурой до нужных параметров защиты от распада в рубце полигастрических животных. Режимы переработки подобраны таким образом, чтобы усвояемость в тонком отделе кишечника оставалась на высоком уровне. PassPro Баланс содержит (в расчете на абсолютно сухое вещество): 42,0% сырого протеина, 8,5 – сырого жира, 6,4% сырой клетчатки и 12,3 МДж обменной энергии, «защищенные» протеины сои и подсолнечника имеют стабильный показатель защиты протеина (нераспадаемого в рубце протеина 65–70%) с переваримостью до 95–96%.

Предварительный период опыта составил 21 день: до даты предполагаемого отёла и после в течение 10 дней. Животные всех групп в это время получали одинаковый рацион. С 11-го дня после даты отёла начинался опытный период.

Кормление и доение молочных коров осуществлялось по принятой в хозяйстве схеме. Животные всех групп содержались в одинаковых условиях. Периодически, каждые 10 дней, проводили контрольные доения каждой коровы с целью определения среднесуточного удоя и валового надоя молока, а также его качественных показателей: содержания жира и белка.

Массовую долю белка и жира в молоке определяли на анализаторе качества молока «Лактан».

С целью отслеживания интенсивности и направленности обменных процессов в организме высокопродуктивных новотельных коров на 100-й день лактации были проведены биохимические исследования сыворотки крови. Данные исследования проводились на автоматизированном анализаторе Vitalab Selectra Junior с версией программного обеспечения 1.0. Уровень белковых фракций определяли нефелометрически, каротина – по Бессею в модификации Анисовой.

По завершении эксперимента рассчитывали экономическую эффективность использования кормового продукта PassPro Баланс

согласно полученным данным и данным, предоставленным хозяйством.

В табл. 1 представлены рационы и их питательность для подопытных коров.

Таблица 1

Состав рационов для коров и их питательность в первую фазу лактации
The composition of rations for cows and their nutritional value in the first phase of lactation

Компонент	1-я группа	2-я группа
<i>Количество в рационе, кг</i>		
Сено луговое	1,0	1,0
Силос кукурузный	21,0	21,0
Сенаж злаково-бобовый	8,0	8,0
Жом свекловичный свежий	6,0	6,0
Комбикорм	8,0	6,0
PassPro Balance	-	2,0
Итого	44,0	44,0
<i>Питательность рациона, г</i>		
Сухое вещество	20448,0	20527,0
Сырой протеин	2575,64	3100,15
Переваримый протеин	2834,32	3181,32
Сырая клетчатка	4064,51	4184,26
Сырой жир	541,56	604,44
Крахмал	6463,4	5517,71
Сахар	702,69	816,86
НРБ, %	22,94	31,57
НРК, %	23,54	23,45
Кальций	142,375	141,54
Фосфор	82,21	82,526

Полученные в ходе эксперимента результаты были подвергнуты биометрической обработке методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным в результате контрольного кормления данным, опытные животные во 2-й группе потребили больше су-

хого вещества рациона на 3,4% в сравнении с контролем, где этот показатель составил 19,1 кг.

В табл. 2 представлены среднесуточный удой, содержание жира и белка в молоке подопытных коров.

В начале опыта по содержанию жира и белка в молоке разницы не отмечено.

Однако за весь период опыта динамика была иная. При скормливании изучаемой кор-

Таблица 2

Среднесуточный удой, содержание жира и белка в молоке коров в опыте
Average daily milk yield, fat and protein content in milk of cows in the experiment

Группа	Среднесуточный удой, кг	Содержание жира в молоке, %	Содержание белка в молоке, %
<i>В начале опыта</i>			
1-я	28,48±0,46	3,65±0,04	3,02±0,07
2-я	28,28±1,02	3,62±0,07	3,00±0,04
<i>В среднем за опыт</i>			
1-я	29,17±1,41	3,67±0,03	3,05±0,07
2-я	32,67±1,33*	3,72±0,07	3,03±0,05

* P<0,05.

мовой добавки во 2-й опытной группе среднесуточный удой достоверно повысился – на 12,0% ($P<0,05$) в сравнении с контрольным показателем.

Установлена тенденция к незначительному повышению содержания жира в молоке коров опытной группы.

Биохимические показатели сыворотки крови коров представлены в табл. 3.

Согласно полученным данным, во всех группах уровень протеина в сыворотке крови находился в пределах физиологической нормы, а у животных 2-й группы имел тенденцию к увеличению. Содержание альбуми-

Таблица 3

Биохимический состав сыворотки крови коров
Biochemical composition of blood serum of cows

Показатели		1-я группа	2-я группа	Норма
Белок, г/л		85,8±4,3	88,8±4,4	79—89
Альбумины, %		37,9±6,0	40,0±4,5	40—52
Глобулины, %	α	15,1±0,9	15,1±0,5	12,8—17,0
	β	7,8±0,9	7,8±0,9	10—17
	γ	39,1±6,0	37,1±9,6	25—40
Глюкоза, ммоль/л		2,8±0,1	2,6±0,1	2,2—3,9
Мочевина, ммоль/л		8,9±0,5	9,2±0,6	3,3—8,8
Холестерин, ммоль/л		5,4±0,5	4,4±0,3	4,7—6,2
AST, Ед/л		90,0±3,1	91,7±5,4	45—100
ALT, Ед/л		31,7±1,9	31,0±0,6	6,9—35
Триглицериды, ммоль/л		0,3±0,01	0,2±0,01	0,3—0,79
Щелочная фосфатаза, Ед/л		105,7±8,7	127,7±19,6	17,5—152

нов у всех животных находилось в пределах физиологической нормы. Глобулинов было меньше нормы у животных всех групп без достоверно значимых различий.

Активность ферментов AST и ALT между группами отличалась недостоверно. Однако следует отметить, что во всех группах эти показатели были в пределах нормы. Уровень

щелочной фосфатазы имел тенденцию к повышению во 2-й группе на 20,8% по сравнению с контролем.

Экономическая эффективность применения изучаемой кормовой добавки представлена в табл. 4.

Из полученных данных следует, что при применении изучаемой кормовой добавки

Таблица 4

Экономическая эффективность применения изучаемых кормовых добавок
Economic efficiency of using the studied feed additives

Показатель	1-я группа	2-я группа
Стоимость суточного рациона на 1 гол., руб.	230,00	275,00
Затраты на корма за весь опыт, руб.	20700,00	24750,00
Производственные затраты, руб.	43125,00	47175,00
Прочие затраты, руб.	22425,00	22425,00
Валовой надой за опыт, кг	2625,00	2940,00
Удой в пересчете на базисную жирность и белковость, кг	2885,38	3240,35
Стоимость валовой продукции, руб.	55125,00	61740,00
Прибыль, руб.	12000,00	14565,00
Дополнительная прибыль, руб.	-	2565,00
Уровень рентабельности, %	21,77	23,59

удалось получить дополнительную прибыль 2565,00 руб. Следовательно, применение кормовой добавки (2 кг PassPro Баланс) экономически выгодно.

Уровень рентабельности в опытной группе удалось увеличить на 1,82 % по сравнению с контролем.

ВЫВОДЫ

1. Использование кормового продукта PassPro Баланс, состоящего из защищенного соевого и подсолнечного белка, в рационах новотельных высокопродуктивных коров способствует повышению уровня потребления сухого вещества рациона животными на 3,4 % в сравнении с контролем.

2. Среднесуточный удой второй группы, получавшей изучаемую добавку, достоверно повысился – на 12,0 % ($P < 0,05$) в сравнении с контролем.

3. Изучаемое кормовое средство не оказывает отрицательного влияния на биохимические показатели крови животных. Биохимические показатели крови коров в первую фазу лактации находились в пределах физиологических норм.

4. Скармливание добавки PassPro Баланс в рационах для 2-й группы позволило получить 2565,00 руб. дополнительной прибыли, при этом уровень рентабельности производства молока повысился на 2,02 % относительно контроля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайкова Ю. С., Ярмоц Г. А. Применение белкового концентрата «Agromatic» для увеличения производства молока // Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. / Гос. аграр. ун-т Сев. Зауралья. – Тюмень, 2018. – С. 27–34.
2. Романов В. Н., Боголюбова Н. В. Технологические аспекты применения комплексов дополнительного питания в молочном животноводстве // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 4 (32). – С. 125–131.
3. Девяткин В. А., Романов В. Н., Мишуров А. В. Использование новых биологически активных веществ в кормлении крупного рогатого скота // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2017. – № 4 (40). – С. 123–129.
4. Подобед Л. И. Байпас-добавки – единственное средство продления продуктивного долголетия молочной коровы при максимальной ее продуктивности // БИО. – 2019. – № 9 (238). – С. 27–29.
5. Азаубаева Г. С. Влияние качества протеина в рационе на белковый состав крови коров // Актуальные проблемы экологии и природопользования: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Лесниково, 2017. – С. 12–16.
6. Маслюк А. Н., Токарева М. А. Эффективность оптимизации протеинового и углеводного питания высокопродуктивных коров // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – № 101 (4). – С. 164–171.
7. «Защищенный» протеин в рубце на 90 % // Эффективное животноводство. – 2018. – № 7 (146). – С. 12.
8. Действие различного уровня белка на обмен азота в рубце голштинских коров-первотелок / А. Тантави, Н. С. Комарова, О. Г. Шляхова, В. Г. Рядчиков // Ученые записки УО ВГАВМ. – 2018. – Т. 54, вып. 3. – С. 56–59.
9. Исмаилов И. С., Трегубова Н. В., Моргунова А. В. Особенности обмена аминокислот у жвачных животных // Вестник АПК Ставрополя. – 2017. – № 2 (26). – С. 90–94.
10. Кардо Л. Важность протеина для дойных коров // Эффективное животноводство. – 2020. – № 3. – С. 74–75.

11. *Распадаемость* кормового белка – важный фактор эффективности использования азота и молочной продуктивности лактирующих коров / В. Г. Рядчиков, А. А. Солдатов, Е. Л. Харитонов, О. Г. Шляхова, А. Тантavi, Н. С. Комарова // Эффективное животноводство. – 2020. – № 3. – С. 42–48.
12. *Боряев Г. И., Федоров Ю. Н., Здоровьева Е. В.* Иммунобиохимический статус первотелок при включении в их рацион кормовой добавки на основе защищенного протеина и селенопирана // Нива Поволжья. – 2018. – № 3 (48). – С. 86–90.
13. *Значение* белковых фракций распадаемого и нераспадаемого в рубце белка в регуляции использования азота и снабжении незаменимыми аминокислотами рационов голштинских коров первотелок / В. Г. Рядчиков, А. А. Солдатов, О. Г. Шлязова, Н. С. Филева, А. А. Тантavi // Эффективное животноводство. – 2020. – № 4. – С. 130–134.
14. *Ярмоц Л. П., Ярмоц Г. А.* Влияние уровня расщепляемого протеина кормов на переваримость питательных веществ у коров // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 12 (72). – С. 151–155.

REFERENCES

1. Sajkova Ju.S., Jarmoc G.A., *Integracija nauki i praktiki dlja razvitija agropromyshlennogo kompleksa* (Integration of science and practice for the development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Tyumen, 2018, pp. 27–34. (In Russ)
2. Romanov V.N., Bogolyubova N. V., *Vestnik VNIIMZH*, 2018, No. 4 (32), pp. 125–131. (In Russ)
3. Devyatkin V.A., Romanov V.N., Mishurov A. V., *Vestnik Ul'yanovskoj GSKHA*, No. 4 (40), pp. 123–129. (In Russ)
4. Podobed L.I., *Bio*, 2019, No. 9 (238), pp. 27–29. (In Russ)
5. Azaubaeva G.S., *Aktual'nye problem jekologii i prirodopol'zovanija* (Actual problems of ecology and nature management), Proceedings of the Conference Title, 2017, pp. 12–16. (In Russ)
6. Maslyuk A.N., Tokareva M.A., *ZHivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2018, No. 101 (4), pp. 164–171. (In Russ)
7. *Jeffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2018, No. 7 (146), pp. 12. (In Russ)
8. Tantavi A., Komarova N. S., Shljahova O. G., Rjadchikov V. G., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2018, T. 54, Vyp. 3, pp. 56–59. (In Russ)
9. Ismailov I.S., Tregubova N. V., Morgunova A. V., *Vestnik APK Stavropol'ja*, 2017, No. 2 (26), pp. 90–94. (In Russ)
10. Kardo L., *Jeffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2020, No. 3, pp. 74–75. (In Russ)
11. Rjadchikov V. G., Soldatov A. A., Haritonov E. L., Shljahova O. G., Tantavi A. A., Komarova N. S., *Jeffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2020, No. 3, pp. 42–48. (In Russ)
12. Borjaev G.I., Fedorov Ju.N., Zdorov'eva E.V., *Niva Povolzh'ja*, 2018, No. 3 (48), pp. 86–90. (In Russ)
13. Rjadchikov V. G., Soldatov A. A., Shljazova O. G., Fileva N. S., Tantavi A. A., *Jeffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2020, No. 4, pp. 130–134. (In Russ)
14. Jarmoc L. P., Jarmoc G. A., *Agroprodovol'stvennaja politika Rossii*, 2017, No. 12 (72), pp. 151–155. (In Russ)

