

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 3(56)/2020

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



**NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

№ 3(56)/2020

NOVOSIBIRSK 2020

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 3(56)2020

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

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)
Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., 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)
Будажанов 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., зав. кафедрой растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, 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 Бudeевице, 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, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)
Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., зав. кафедрой фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор, акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)
Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Поповски З. – д-р аграр. наук, проф., кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, 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.*

Компьютерная верстка *Зенина В. Н.*

Переводчик *Шмидт Л. В.*

Дата выхода в свет 29 сентября 2020 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 18,4 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2326.

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

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 3(56)2020

**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 NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264-23-62;
Fax: +7 (383) 264-25-46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

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

Kochnev 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 of 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, the Head 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 of 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, 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: *Shmidt L. V.*

Date of publication 29 september 2020. Free price.

Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 18,4 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2326.

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

Беляев А.А., Лутов В.И., Чеченина Н.С., Колоколов Р.Р., Лемяк А.А., Лемяк А.И. Профилактика микозов надземных органов ремонтантной малины с помощью бактериальных биоагентов	7
Галеева Л.П. Азотный режим черноземов выщелоченных Новосибирского Приобья при внесении минеральных удобрений в зерновом севообороте.....	18
Елисеев С.Л., Ренёв Е.А., Катаев А.С. Влияние схемы посадки и массы посадочного клубня на урожайность и качество зеленой массы топинамбура в Среднем Предуралье	29
Захарова И.А., Юмашев Х.С. Резервы фосфора и калия в основных типах зональных почв Челябинской области.....	38
Исаева С.Ш. Экологическая оценка почв Гусар-Гонагендского кадастрового района Азербайджана	46
Кудряшова Т.А., Виноградова Т.А., Козьякова Н.Н. Конкурентоспособность отечественных сортов льна-долгунца по выходу и качеству длинного волокна при переработке льнотресты в современных условиях производства	55
Пролётова Н.В. Зависимость фитотоксичности культуральных фильтратов штаммов возбудителя антракноза льна <i>Colletotrichum lini</i> Manns et Bolley от аминокислотного состава	66
Чеченина Н.С., Лутов В.И., Беляев А.А., Лемяк А.А., Лемяк А.И. Влияние штаммов бактерий рода <i>Bacillus</i> на ростовые процессы и формирование тканей в побегах ремонтантной малины.....	76
Юсова О.А., Николаев П.Н., Васюкевич В.С., Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Особенности формирования масличности у сортов ярового овса в резко-континентальных климатических условиях	86

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

Гончаренко Г.М., Каргачакова Т.Б., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Халина О.Л. Пуховая продуктивность и генотипические особенности по полиморфизму гена BLG и группам крови коз Горного Алтая.....	94
Корякина Л.П. Влияние холодного периода года на морфофизиологический статус лошадей якутской породы.....	102
Лазарева М.В., Шкиль Н.А., Мезенцева С.В. Обоснование фармакологической коррекции минерального состава рационов для животных.	110
Ноздрин Г.А., Тишков С.Н., Ноздрин А.Г., Дугушкина М.О., Савченко О.Л., Ухлова А.В. Динамика изменений количественных показателей белой крови у кошек при сочетанном применении препаратов Гемобаланс и Ветом 1	116
Самсонов Д.В. Соматическая хромосомная нестабильность у коров голштинской породы в условиях Кузбасса.....	123
Тишков М.Ю., Шмакова О.Н. Эпизоотическая ситуация по трематодозам маралов в Алтайском крае и эффективность противотрематодозного препарата в производственном опыте.	131
Шатохин К.С., Никитин С.В., Запорожец В.И., Князев С.П., Ходакова А.В., Башур Д.С., Величко К.Д., Ермолаев В.И. Крупноплодность мини-свиней ИЦиГ СО РАН: потенциал нереализуемых возможностей.....	137

AGRONOMY

Beliaev A.A., Lutov V.I., Chechenina N.S., Kolokolov R.R., Leliak A.A., Leliak A.I. Prevention of mycoses of aerial organs of remontant raspberries using bacterial bioagents	7
Galeeva L.P. Nitrogen regime of leached chernozems of the Novosibirsk Ob region when applying mineral fertilizers in the grain crop rotation	18
Eliseev S.L., Renev E.A., Kataev A.S. Influence of the planting scheme and the mass of the planting tuber on the yield and quality of the green mass of artichoke in the Middle Urals	29
Zakharova I.A., Iumashev Kh. S. Phosphorus and potassium reserves in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region.....	38
Isaeva S.Sh. Environmental assessment of soils in the Gusar-Gonagkend cadastral region of Azerbaijan ..	46
Kudriashova T.A., Vinogradova T.A., Koziakova N.N. Competitiveness of domestic varieties of fiber flax in terms of yield and quality of long fiber when processing flax under modern production conditions	55
Proletova N.V. Dependence of phytotoxicity of cultural filtrates of the flax anthracnose pathogen <i>Colletotrichum lini</i> Manns et Bolley strains on the amino acid composition.....	66
Chechenina N.S., Lutov V.I., Beliaev A.A., Leliak A.A., Leliak A.I. Influence of bacterial strains of the genus <i>Bacillus</i> on growth processes and tissue formation in the shoots of remontant raspberries	76
Iusova O.A., Nikolaev P.N., Vasiukevich V.S., Safonova I.V., Aniskov N.I. Features of the formation of oil content in varieties of spring oats in sharply continental climatic conditions	86

VETERINARY SCIENCE AND LIVESTOCK FARMING

Goncharenko G.M., Kargachakova T.B., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Khalina O.L. Down productivity and genotypic characteristics of BLG gene polymorphism and blood groups of goats in Gorny Altai. ...	94
Koriakina L.P. Influence of the cold season on the morphophysiological status of horses of the Yakut breed.	102
Lazareva M.V., Shkil N.A., Mezentseva S.V. Substantiation of pharmacological correction of the mineral composition of animal nutrition.	110
Nozdrin G.A., Tishkov S.N., Nozdrin A.G., Gugushkina M.O., Savchenko O.L., Ukhlova A.V. Dynamics of changes in quantitative indicators of white blood in cats with the combined use of the drugs Hemobalance and Vetom 1.....	116
Samsonov D.V. Somatic chromosomal instability in Holstein cows in Kuzbass conditions.	123
Tishkov M.I., Shmakova O.N. Epizootic situation on trematodes of marals in the Altai Region and the effectiveness of an anti-trematode drug in production experience.	131
Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhets V.I., Kniazev S.P., Khodakova A.V., Bashur D.S., Velichko K.D., Ermolaev V.I. Large-copious minipigs of ICG SB RAS: potential of unrealizable opportunities.	137

АГРОНОМИЯ

УДК 632.4:634.711

DOI:10.31677/2072-6724-2020-56-3-7-17

ПРОФИЛАКТИКА МИКОЗОВ НАДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РЕМОНТАНТНОЙ
МАЛИНЫ С ПОМОЩЬЮ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БИОАГЕНТОВ¹А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук¹В.И. Лутов, кандидат сельскохозяйственных наук¹Н.С. Чеченина, аспирант¹Р.Р. Колоколов, магистрант²А.А. Лемяк, кандидат биологических наук²А.И. Лемяк, директор¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия²НПФ «Исследовательский центр», наукоград Кольцово, Новосибирская область, Россия

E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Ключевые слова: малина
ремонтантная, микозы, бакте-
риальные штаммы, профилак-
тика, биологическая эффек-
тивность

Реферат. Исследования проведены с целью оценки профилактического действия обработок ремонтантной малины штаммами бактерий рода *Bacillus* против микозов надземных органов. Исследования выполнены в течение 2016–2018 гг. в полевых опытах в производственных насаждениях ремонтантной малины сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» (Новосибирская область). Растения обрабатывали в фазу бутонизации и в начале налива плодов путем опрыскивания надземной системы рабочей жидкостью, содержащей биоагент в концентрации $1 \cdot 10^4$ КОЕ/мл. Было установлено наличие защитного профилактического действия сапротрофных бактерий рода *Bacillus* штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смешанного препарата Фитон 8.67 в отношении серой гнили плодов ремонтантной малины с биологической эффективностью 40–46 % в условиях провокационного фона. В защите от пурпуровой пятнистости и септориоза листьев доказано действие штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 с биологической эффективностью до 39–66 %. Препарат Фитон 8.67 снижал уровень развития пурпуровой пятнистости стеблей в 1,2–1,6 раза. Эффективное и стабильное защитное действие против микозов надземных органов ремонтантной малины проявляли штаммы *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препарат Фитон 8.67, применение которых является перспективным в качестве экологически безопасного метода управления фитосанитарным состоянием насаждений.

PREVENTION OF MYCOSES OF AERIAL ORGANS OF REMONTANT RASPBERRIES USING BACTERIAL BIOAGENTS.

¹A.A. Beliaev, Doctor of Agricultural Sciences

¹V.I. Lutov, Candidate of Agricultural Sciences

¹N.S. Chechenina, PhD student

¹R.R. Kolokolov, Master's student

²A.A. Leliak, Candidate of Biological Sciences

²A.I. Leliak, Supervisor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²SPC RC «Issledovatel'skiy Tsentr», Koltsovo Science City, Novosibirsk Region, Russia

Key words: remontant raspberry, mycoses, bacterial strains, prevention, biological effectiveness.

Abstract. *The studies were carried out with the aim of assessing the preventive effect of treatment of remontant raspberries with strains of bacteria of the genus Bacillus against mycoses of aerial organs. The research was carried out during 2016–2018 while field experiments on production plantings of remontant raspberries of the agricultural artel “Sady Sibiri” (Novosibirsk region). Plants were treated in the budding phase and at the beginning of fruit filling by spraying the above-ground system with a working fluid containing a bioagent at a concentration of $1 \cdot 10^4$ CFU / ml. The presence of a protective preventive action of saprotrophic bacteria of the genus Bacillus of B. amyloliquefaciens strains VKPM B-10642, B. subtilis VKPM B-10641 and a mixed preparation Fitop 8.67 against gray rot of remontant raspberries with a biological efficiency of 40–46% under conditions of provocative background was revealed. In protection against purple spot and leaf septoria, the effect of strains B. amyloliquefaciens VKPM B-10642, B. subtilis VKPM B-10641, B. licheniformis VKPM B-10562 with a biological efficiency of up to 39–66% was proved. The formulation Fitop 8.67 reduced the level of development of purple spotting of stems by 1.2–1.6 times. Strains B. amyloliquefaciens VKPM B-10642, B. subtilis VKPM B-10641 and Fitop 8.67. The use of it is promising as an ecologically safe method for managing the phytosanitary state of plantations, exhibited an effective and stable protective effect against mycoses of the aerial organs of remontant raspberries.*

Ремонтантные сорта малины в настоящее время получают распространение в южных регионах Сибири и Дальнего Востока [1–3]. Лучшие, наиболее адаптированные из них в местных условиях достигают продуктивности в диапазоне 1,9–2,6 кг на растение и более [4], что превосходит уровень сортов обычного типа плодоношения.

Технология выращивания ремонтантных сортов «рашбуш» (rashbuch) [5] с получением урожая на однолетних побегах и ежегодным скашиванием всей надземной системы кустов малины оказывает радикальное влияние на фитосанитарную ситуацию в насаждениях. Теряет значение уровень зимостойкости надземной системы малины – один из главных лимитирующих факторов для малины обыч-

ного типа плодоношения. Практически устраняется фактор вредоносности малинно-земляничного долгоносика и малинного жука [6]. В отношении других болезней и вредителей до сих пор сведений недостаточно, особенно в условиях Сибири.

Фенологической особенностью малины обычного типа плодоношения является растянутость сроков прохождения фенофаз цветения и плодоношения, которые к тому же следуют одна за другой практически без прерыва с июня по август. У ремонтантных сортов при выращивании по методу «рашбуш» цветение и плодоношение еще более растянуты, в частности, в Новосибирской области – с начала июля до начала октября [7]. В эти периоды применение химических пестицидов

недопустимо с учетом их длительных периодов ожидания. Таким образом, ремонтантная малина оказывается незащищенной, в частности, от микозов надземных органов, к которым относятся серая гниль плодов и побегов, пурпуровая пятнистость стеблей и листьев, септориоз листьев и др. Несмотря на вырезку и удаление с плантации почти всей надземной системы ремонтантных сортов, источники инфекции возбудителей полностью не устраняются, указанные заболевания ежегодно развиваются в насаждениях [8] и могут наносить ущерб культуре.

Для ремонтантной малины, учитывая специфическое назначение ягодной продукции для свежего потребления, диетического и лекарственного использования, целесообразна разработка биологических методов защиты от вредных организмов. На малине обычного типа плодоношения и других садовых культурах ранее получены положительные результаты при использовании биоагентов рода *Bacillus* для защиты от листостеблевых инфекций [9–11]. В связи с этим целью исследований явилась оценка профилактического действия обработок ремонтантной малины штаммами бактерий рода *Bacillus* против микозов надземных органов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в течение 2016–2018 гг. в полевых опытах в производственных насаждениях ремонтантной малины сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» (СХА «Сады Сибири») Новосибирской области, в подзоне дренированной лесостепи Приобья. Почва экспериментальных участков серая лесная, среднесуглинистая, предшественник – черный пар. Погодные условия периода вегетации 2016 г. были неблагоприятны для роста малины: температурный фон превышал среднегодовую норму на 1,5 °С, по осадкам наблюдался дефицит: почти на 30% ниже нормы. Последующие два года были благоприятны для роста малины: в 2017 г. температура превышала средне-

годовую норму на 0,8 °С, осадки – на 23%; в 2018 г. температура соответствовала норме, а по осадкам превышение составило 13%.

Объектами исследования являлись посадки ремонтантной малины сорта Недосыгаемая (селекции ВСТИСП, г. Москва) трехлетнего возраста на момент начала исследований; заболевания малины – пурпуровая пятнистость листьев и стеблей (возбудитель – *Didymella applanata* (Niessl.) Sacc., Dothideales, Ascomycota), септориоз (белая пятнистость) листьев (*Septoria rubi* Vest., Sphaeropsidales, Deuteromycota), серая гниль плодов малины (*Botrytis cinerea* Pers., Hyphomycetales, Deuteromycota); штаммы сапротрофных бактерий рода *Bacillus*: *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, экспериментальный препарат Фитоп 8.67 – смесь трех штаммов: *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 (производитель – ООО НПФ «Исследовательский центр»).

Полевой опыт включал пять вариантов с различными штаммами биоагентов в концентрации рабочей жидкости $1 \cdot 10^4$ КОЕ/мл, а также один контрольный вариант. Повторность пятикратная, площадь делянки 15 м². Способ нанесения биоагентов – опрыскивание надземной системы растений ранцевым опрыскивателем в фазу бутонизации и в начале налива плодов. Расход рабочей жидкости – 500 л/га. Учет грибных болезней проводили по известным методикам [12].

Для оценки влияния биоагентов на провокационном фоне зрелые плоды снимали с растений вместе с плодоножками, раскладывали по 10 плодов с каждой повторности в пластиковые контейнеры (объем 200 мл), закрывали крышкой и выдерживали в лаборатории при комнатной температуре в течение периода наблюдений (6 суток). Учитывали распространенность серой гнили на каждом плоде и степень поражения болезнью (по площади поверхности плода, покрытой мицелием возбудителя).

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методом многофакторного дисперсионного анализа [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период проведения исследований на опытном участке были выявлены следующие грибные заболевания ремонтантной малины: пурпуровая пятнистость листьев и стеблей, септориоз листьев, серая гниль плодов (рис. 1). Первые симптомы пурпуровой пятнистости стеблей и септориоза листьев выявлялись обычно в течение первой декады июля, пурпуровая пятнистость листьев обнаруживалась во второй декаде июля. Ежегодно проводили два опрыскивания наземной части малины: в начале фазы бутонизации (в тре-

тней декаде июня) и в фазу налива плодов (первая декада августа).

Первые зрелые плоды ремонтантной малины формировались в первой декаде августа. Сроки массового созревания – с третьей декады августа по третью декаду сентября. Наблюдения в этот период выявили существенную особенность технологии ремонтантной малины, связанную с тем, что из-за регулярных тщательных сборов на производственном квартале отсутствовали перезревающие плоды, и поражение серой гнилью в полевых условиях снижалось фактически до единичных случаев. Поэтому для оценки влияния бактериальных биоагентов на серую гниль плодов мы вынуждены были использовать условия провокационного фона. С этой целью помещали собранные здоровые плоды малины в пластиковые контейнеры,



Рис. 1. Симптомы грибных болезней малины: верхний ряд – пурпуровая пятнистость листьев и стеблей; нижний ряд – серая гниль плодов и септориоз листьев
Symptoms of fungal raspberry diseases: top row – purple spot of leaves and stems; bottom row – gray fruit rot and leaf Septoria

где обеспечивались условия повышенной влажности (без дополнительного внесения влаги), а также созревания и старения тканей плодов, активизирующие природный инокулюм *B. cinerea*, попавший на плоды малины ещё на плантации. Закладку плодов в контейнеры ежегодно проводили в первой декаде сентября, затем наблюдали за развитием серой гнили с двухсуточным интерва-

лом в течение 6 суток, до полного развития поражения. Ежегодно в течение трех лет исследования выполнялись по одинаковой методике, что позволило обобщенно проанализировать результаты в трех сериях опытов.

Через двое суток после начала наблюдений в контроле распространенность серой гнили составляла в среднем за 3 года 20,0 % (рис. 2), степень их поражения – 5,7%

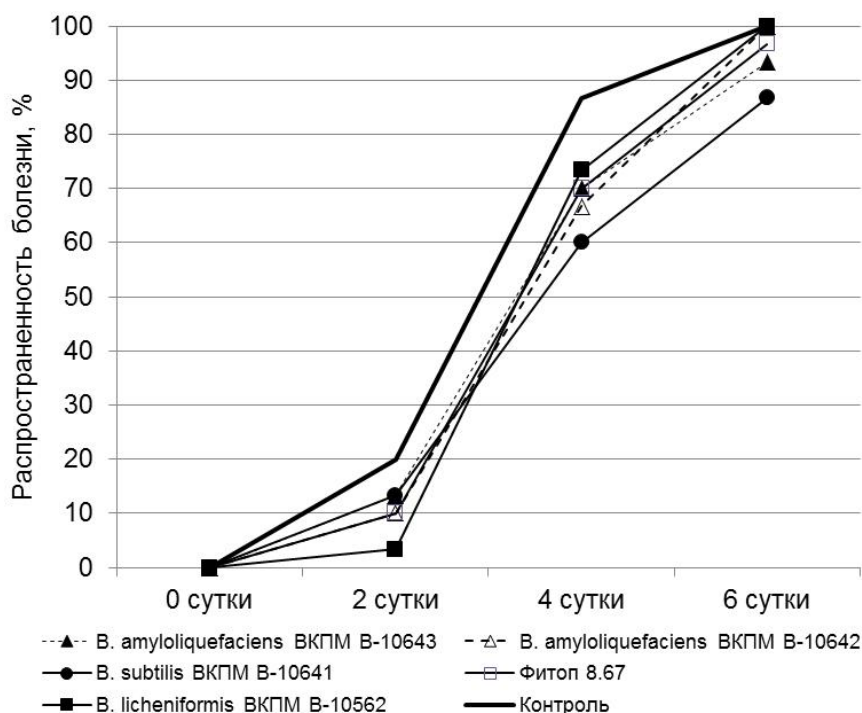


Рис. 2. Динамика распространности поражения плодов малины серой гнилью в условиях провокационного фона в среднем за 2016–2018 гг. (НСР₀₅ по вариантам – 6,8%, по срокам – 4,8)
The dynamics of the prevalence of affection of raspberry fruits by gray rot in conditions of provocative background on average for 2016–2018. (NSR05 for options - 6.8%, for terms - 4.8)

(рис. 3). Профилактические обработки бактериальными штаммами в фенофазы бутонизации и в начале налива плодов снижали распространенность болезни во всех вариантах на 6,7–16,7% (в 1,5–6,0 раза) относительно контроля. Наиболее эффективное действие выявлено в варианте с обработками штаммом *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, где биологическая эффективность достигала 83,3%.

Остальные биоагенты действовали несколько слабее – с биологической эффективностью от 33,3 до 50,0%. Степень поражения болезнью на 2-е сутки в вариантах с применением биоагентов варьировала в пределах

0,7–6,3% без существенных различий с контрольным вариантом.

На 4-е сутки наблюдений происходило резкое увеличение распространенности болезни – до 86,7% в контроле. На плодах, собранных с обработанных растений, её уровень был ниже в 1,2–1,4 раза. Наибольший защитный эффект проявился в варианте с применением штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 – биологическая эффективность составила 30,8%. Степень поражения плодов на 4-е сутки снижалась в 1,3–1,9 раза относительно контроля также во всех вариантах опыта. При этом статистически достоверное ($P < 0,05$) превыше-

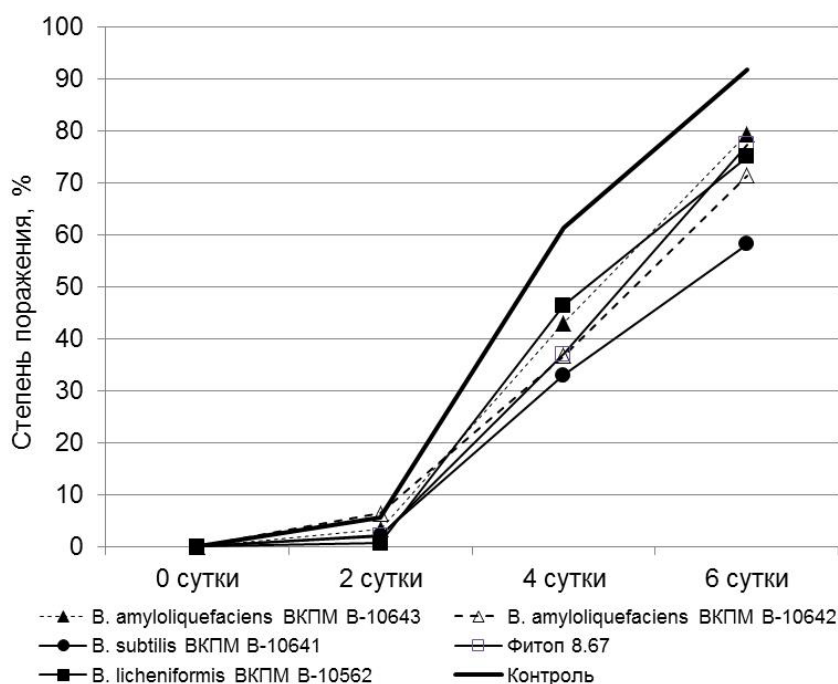


Рис. 3. Динамика степени поражения плодов малины серой гнилью в условиях провокационного фона в среднем за 2016–2018 гг. (НСР₀₅ по вариантам – 5,7%, по срокам – 4,0)

Dynamics of the degree of damage to raspberry fruits by gray rot in a provocative background on average for 2016–2018. (NSR05 for options - 5.7%, for terms - 4.0)

ние защитного эффекта относительно других биоагентов доказано в вариантах с обработками штаммами *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препаратом Фитоп 8.67, где биологическая эффективность достигала 39,7–46,2%.

На 6-е сутки наблюдений во всех вариантах опыта распространенность серой гнили достигала 87–100%. По степени поражения болезнью на этот момент можно отметить сохранение слабого защитного эффекта в варианте с применением штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641, где биологическая эффективность составляла 36,5%.

Наиболее выраженный защитный эффект против серой гнили плодов проявлялся на провокационном фоне на 4-е сутки наблюдения. Анализ ежегодного действия бактериальных штаммов показал (таблица), что в 2016 и 2017 гг. фоновый уровень поражения серой гнилью на этот момент в контроле был ниже (соответственно 59,0 и 53,0%), чем в 2018 г. (степень поражения 72,1%). Возможно, это было обусловлено погод-

ными условиями, умеренной температурой и повышенной влажностью, благоприятными для накопления инокулюма фитопатогенного гриба и повышения инфекционной нагрузки на плодах малины. За трехлетний период наблюдений доказано стабильное, проявлявшееся ежегодно, защитное действие против серой гнили в вариантах с обработками в период вегетации штаммами *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препаратом Фитоп 8.67, снижающими степень поражения болезнью в 1,7–2,4 раза. Таким образом, следует констатировать эффективность и стабильность действия указанных биоагентов в защите малины от серой гнили.

Между обработками надземной части растений биоагентами и сроком учета пораженности серой гнилью временной интервал составлял около двух месяцев при обработке в фенофазу бутонизации и один месяц при опрыскивании в начале налива плодов. По-видимому, на таком длительном интервале механизм защитного действия бактериаль-

Влияние обработок надземной системы ремонтантной малины бактериальными штаммами на степень поражения плодов серой гнилью в условиях провокационного фона через 4 суток после снятия плодов, %
Influence of treatments of the aboveground system of remontant raspberries with bacterial strains on the degree of damage to fruits by gray rot in conditions of a provocative background 4 days after harvesting the fruits, %

Вариант	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Контроль	59,0	53,0	72,1
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10643	17,1*	33,0*	79,0
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10642	27,0*	32,0*	50,9*
<i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10641	20,5*	19,0*	59,5*
Фитоп 8.67	25,0*	31,1*	55,0*
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10562	58,0	38,0*	43,0*
НСР ₀₅ по вариантам – 5,7%; НСР ₀₅ по годам – 4,0			

* Статистически достоверно ($P < 0,05$) ниже контроля.

ных штаммов не ограничивался антагонистическим влиянием на возбудителя серой гнили, так как сапротрофные бациллы могут постепенно снижать фоновую численность после нанесения на поверхность растения. Возможно, защитное действие бактерий против болезни включало компонент прямого иммунизирующего влияния на растения малины, повышающего системную неспецифическую устойчивость тканей, что ранее было выявлено в исследованиях взаимодействия растений малины с бактериями рода *Bacillus* и грибными фитопатогенами [14].

В 2017 и 2018 гг. исследование влияния бактериальных штаммов на ремонтантную малину было дополнено изучением их защитного действия против микозов листьев и стеблей. Развитие стеблевой формы пурпуровой пятнистости в 2017 г. достигло в контрольном варианте 31,0% (рис. 4), что превышало уровень экономического порога вредоносности (ЭПВ – 25%), известного для сортов обычного типа плодоношения [15]. Достоверный ($P < 0,05$) защитный эффект был доказан только в варианте с применением препарата Фитоп 8.67, где развитие болезни снизилось в 1,6 раза (биологическая эффективность

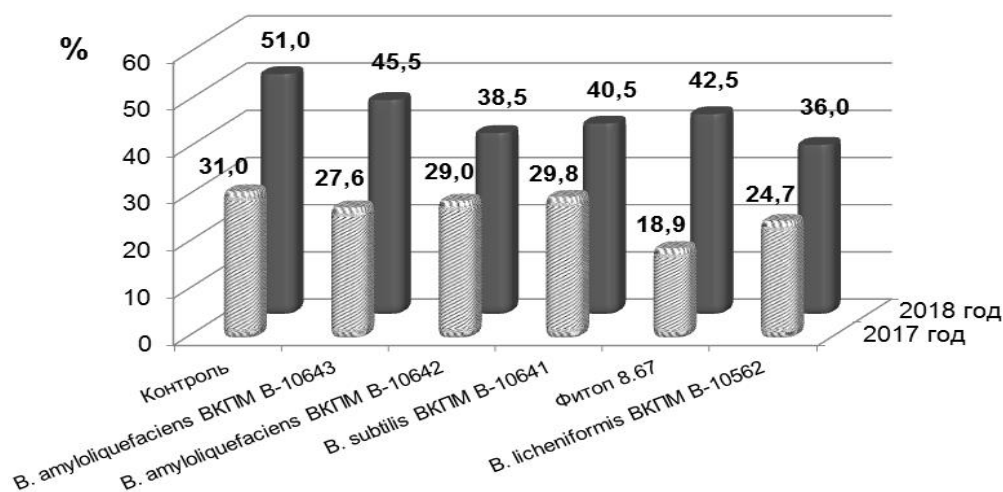


Рис. 4. Развитие пурпуровой пятнистости на однолетних стеблях ремонтантной малины при учете в первой декаде сентября (НСР₀₅ по вариантам – 7,3%; по годам – 3,9)
 Development of purple spotting on annual stems of remontant raspberries when counted in the first decade of September (НСР₀₅ according to options - 7.3%, by years - 3.9)

38,9%). В 2018 г. фоновый уровень развития пурпуровой пятнистости стеблей возрос до 51,0%, по-видимому, в связи с повышенным количеством осадков и постепенным накоплением инокулюма на производственном квартале, где с момента закладки не применялись специальные меры защиты от грибных болезней. Снижение уровня поражения проявилось в вариантах с обработками штаммами *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и смесевым препаратом Фитоп 8.67 – в 1,2–1,4 раза. Однако стабильно в оба года наблюдения проявлял эффект только Фитоп 8.67.

Поражение листьев пурпуровой пятнистостью проявлялось на маловредоносном уровне (рис. 5). В 2017 г. болезнь встречалась единично, что не позволило выявить какое-либо защитное действие изучаемых биоагентов. В 2018 г. степень поражения болезнью в контроле достигла 10,2%. Под влиянием бактериальных штаммов произошло её снижение во всех опытных вариантах в 1,3–2,0 раза. Наиболее выраженные эффекты ($P < 0,05$) получены в вариантах с применением штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и препарата Фитоп 8.67 с биологической эффективностью 39,1–50,9%.

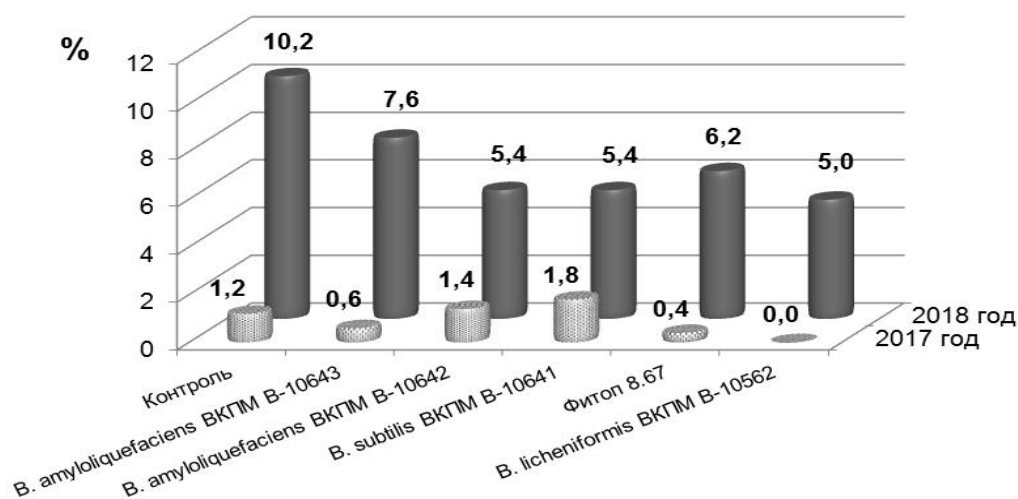


Рис. 5. Степень поражения листьев ремонтантной малины пурпуровой пятнистостью при учете в первой декаде сентября (НСР₀₅ по вариантам – 1,6%; по годам – 0,9)
The degree of damage to the leaves of remontant raspberries with purple spots when counted in the first ten days of September (NSR₀₅ according to options - 1.6%; by years - 0.9)

Септориозом поражались преимущественно наиболее старые листья в нижнем ярусе кустов малины. В 2017 г. степень поражения болезнью в контроле составила 13,8% (рис. 6). Во всех вариантах с применением биоагентов, кроме *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, происходило статистически достоверное снижение уровня пораженности в 1,7–3,6 раза. В целом аналогичные эффекты проявились в этих же вариантах и в 2018 г. – снижение степени поражения в 1,2–2,8 раза.

В среднем за 2 года наблюдений наибольшая биологическая эффективность в защите от септориоза листьев доказана в вариантах с обработками надземной системы растений штаммами *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 (биологическая эффективность – от 53,4 до 65,5%).

По совокупности уровней защитных эффектов против изученных в опытах заболеваний надземных органов ремонтант-

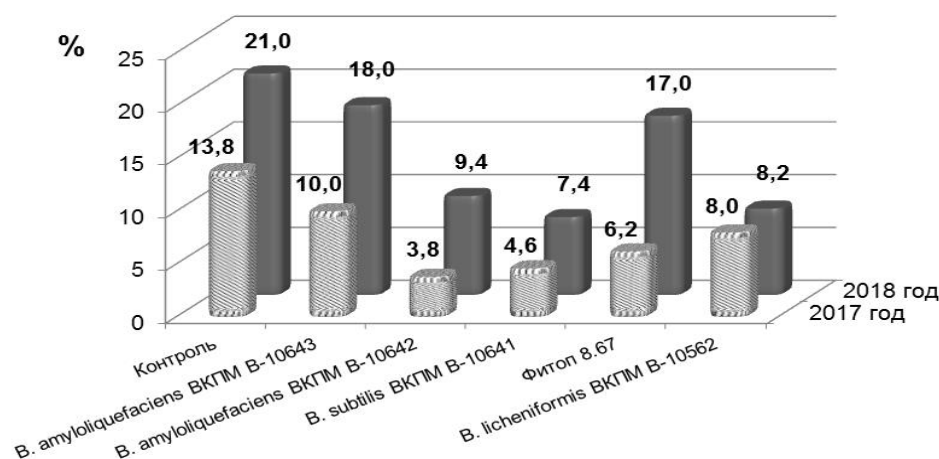


Рис. 6. Степень поражения листьев ремонтантной малины септориозом (белой пятнистостью) при учете в первой декаде сентября (НСР₀₅ по вариантам – 4,0%; по годам – 2,1)
The degree of damage to the leaves of remontant raspberries by septoria (white spot) when counted in the first ten days of September (NSR₀₅ by options - 4.0%, by years - 2.1)

ной малины можно выделить штаммы *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевый препарат Фитоп 8.67. Эти же биоагенты отличались наиболее стабильным действием в годы исследования. Таким образом, применение данных биоагентов как средств профилактики от микозов надземной системы ремонтантной малины представляется перспективным в качестве экологически безопасного метода управления фитосанитарным состоянием насаждений в условиях критических фаз развития растения, когда использование химических фунгицидов недопустимо.

ВЫВОДЫ

1. В полевых опытах 2016–2018 гг. установлено наличие защитного профилактического действия сапротрофных бактерий рода *Bacillus* штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевых

препаратов Фитоп 8.67 в отношении серой гнили плодов ремонтантной малины с биологической эффективностью 40–46% в условиях провокационного фона.

2. В защите от пурпуровой пятнистости и септориоза листьев доказано действие штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 с биологической эффективностью до 39–66%. Препарат Фитоп 8.67 снижал уровень развития пурпуровой пятнистости стеблей в 1,2–1,6 раза.

3. Наиболее эффективное и стабильное защитное действие против микозов надземных органов ремонтантной малины проявляли штаммы *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевый препарат Фитоп 8.67, применение которых является перспективным в качестве экологически безопасного метода управления фитосанитарным состоянием насаждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панина Е. Н., Лутков В. И., Беляев А. А. Испытание действия регуляторов роста на ремонтантной малине // Вестник НГАУ. – 2016. – № 3 (40). – С. 36–42.
2. Пуццина М. Ю., Раченко М. А., Полномочнов А. В. Создание конвейера свежих ягод малины в условиях юга Предбайкалья // Вестник ИРГСХА. – 2018. – № 84. – С. 31–39.
3. Литвинова Г. Я. Ремонтантная малина в условиях Сахалинской области // Инновационные научные достижения в АПК Дальневосточного региона: теория и практика: сб. науч. статей по материалам регион. науч.-практ. конф. / ФГБНУ СахНИИСХ. – Южно-Сахалинск, 2018. – С. 33–39.

4. Сагирова Р.А., Пущина М.Ю., Раченко М.А. Ремонтантная малина в Предбайкалье: монография. – Иркутск: ИрГАУ, 2016. – 88 с.
5. Ярославцев Е.И. Малина и ежевика. – М.: Изд. Дом МСП, 2003. – 144 с.
6. Влияние типов плодоношения малины на повреждение генеративных органов фитофагами / А.А. Беляев, Е.Н. Панина, Г.И. Бакланова, Н.В. Шеюхина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2013. – Т. 36, № 1. – С. 57–63.
7. Беляев А.А., Шеюхина Н.В., Дружинкина О.Н. Продуктивность и фитосанитарное состояние сортообразцов ремонтантной малины // Вестник НГАУ. – 2008. – № 7. – С. 7–12.
8. Устойчивость сортов малины к вредителям и болезням в лесостепи Приобья / А.А. Беляев, Г.И. Бакланова, А.А. Кузьмина, Е.Н. Панина // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 49. – С. 48–52.
9. Штаммы бактерий рода *Bacillus* как потенциальная основа биопрепаратов для контроля болезней ягодных культур / М.В. Штерншиш, А.А. Беляев, Т.В. Шпатова, В.И. Лутов, А.А. Лемяк, А.И. Лемяк // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 10. – С. 8–10.
10. Головин С.Е., Зейналов А.С. Использование биофунгицидов на основе *Bacillus subtilis* в борьбе с серой гнилью земляники и концепция «антагонистического насыщения» // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – Т. 58. – С. 117–121.
11. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2019. – № 2 (99). – С. 183–194.
12. Методика выявления и учета болезней плодовых и ягодных культур / ВНИИЗР (ВИЗР). – М.: Колос, 1971. – 23 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М., 2013. – 349 с.
14. Possibility of biological control of primocane fruiting raspberry disease caused by *Fusarium sambucinum* / M. V. Sternshis, A. A. Belyaev, N. S. Matchenko, T. V. Spatova, A. A. Lelyak // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol. 22, N. 20. – P. 15656–15662.
15. Беляев А.А. Защита малины от малинной побеговой галлицы и стеблевых микозов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Новосибирск, 2010. – 38 с.

REFERENCES

1. Panina E. N., Lutov V. I., Beljaev A. A. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 3 (40), pp. 36–42. (In Russ.)
2. Pushhina M. Ju., Rachenko M. A., Polnomochnov A. V. *Vestnik IrGSHA*, 2018, No. 84, pp. 31–39. (In Russ.)
3. Litvinova G. Ja. «Innovacionnyec nauchnyecdostizhenija v APK Dal'nevostochnogo regiona: teorija i praktika (Innovative scientific achievements in the agro-industrial complex of the Far East region: theory and practice). Collection of scientific articles on the materials of regional scientific and practical. conf., Yuzhno-Sakhalinsk, 2018, pp. 33–39. (In Russ.)
4. Sagirova R. A., Pushhina M. Ju., Rachenko M. A. *Remontantnaja malina v Predbajkal'e* (Primocane fruiting raspberries in Cisbaikalia). – Irkutsk: IrGAU, 2016, 88 p. (In Russ.)
5. Jaroslavcev E. I. *Malina i ezhevika* (Raspberries and blackberries). – Moscow: Izdatel'skij Dom MSP, 2003, 144 p. (In Russ.)
6. Beljaev A. A., Panina E. N., Baklanova G. I., Shejuhina N. V. *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*, 2013, Vol. 36, No. 1, pp. 57–63. (In Russ.)
7. Beljaev A. A., Shejuhina N. V., Druzinkina O. N. *Vestnik Novosibirsko gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2008, No. 7, pp. 7–12. (In Russ.)
8. Beljaev A. A., Baklanova G. I., Kuz'mina A. A., Panina E. N. *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*, 2017, Vol. 49, pp. 48–52. (In Russ.)
9. Shternshis M. V., Beljaev A. A., Shpatova T. V., Lutov V. I., Leljak A. A., Leljak A. I. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2011, No. 10, pp. 8–10. (In Russ.)
10. Golovin S. E., Zeynalov A. S. *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii*, 2019, Vol. 58, pp. 117–121. (In Russ.)

11. Novikova I. I. *Tehnologii i tehicheskie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2019, No. 2 (99), pp. 183–194. (In Russ.)
12. *Metodika vyjavlenija i ucheta boleznej plodovyh i jagodnyh kul'tur* (Methodology for detecting and recording diseases of fruit and berry crops), Moscow: Kolos, 1971, 23 p. (In Russ.)
13. Dospehov B. A. *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij* (Field experiment methodology: with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2013, 349 p. (In Russ.)
14. Sternshis M. V., Belyaev A. A., Matchenko N. S., Spatova T. V., Lelyak A. A. Possibility of biological control of primocane fruiting raspberry disease caused by *Fusariumsambucinum*, *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, Vol. 22, No. 20, pp. 15656–15662.
15. Belyaev A. A. *Zashchita maliny ot malinnoy pobegovoy gallitsy i steblevykh mikofov* (Protection of raspberries from raspberry cane midge and stem mycoses), Novosibirsk, 2010, 38 p. (In Russ.)

АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Л. П. Галеева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия
E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Ключевые слова: азот, чернозём
выщелоченный, минеральные
удобрения, способы внесения,
зерновые культуры, урожай-
ность, микробный азот

Реферат. Установлено, что в метровой толще чернозёма выщелоченного в чистом пару полевого севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» может накапливаться до 70 кг/га нитратного азота, 50–70 % запасов которого сосредоточено в слое 0–40 см, а обеспеченность им растений очень высокая. Содержание и запасы азота в слоях почвы 0–40 и 0–100 см во всех вариантах опыта имели высокую прямую связь с запасами продуктивной влаги, коэффициенты корреляции (r) составили 0,88–0,99 и 0,84–0,98 соответственно. Минеральные удобрения, вносимые различными способами в виде азофоски в дозе 43 кг д.в./га, не компенсировали вынос азота яровой пшеницей, обеспеченность им растений в конце ротации севооборота оставалась низкой. При этом 50–70 % его запасов было сосредоточено в слое почвы 0–40 см. Наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое почвы происходило в контроле, а минеральные удобрения уменьшали его в 2 раза. Дефицит азота в почве в среднем за 3 года в контроле составил 30 кг/га, а при внесении азофоски в рядки, разброс и локально – 23; 10 и 9 кг/га соответственно. Наибольшие прибавка урожайности пшеницы и окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений зерном получены при разбросном и рядковом внесении (23 и 26 % к контролю и 10 и 11 кг/кг соответственно), наименьшие – при локальном (9 % и 4 кг/кг).

NITROGEN REGIME OF LEACHED CHERNOZEMS OF THE NOVOSIBIRSK OB REGION WHEN APPLYING MINERAL FERTILIZERS IN THE GRAIN CROP ROTATION

L. P. Galeeva, doctor of agricultural Sciences, associate Professor
Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: nitrogen, leached Chernozem, mineral fertilizers, methods of application, cereals, productivity, microbial nitrogen.

Abstract. It was found that in a meter-thick layer of chernozem leached in a pure bare fallow field crop rotation: bare fallow-wheat-wheat-wheat steam can accumulate up to 70 kg / ha of nitrate nitrogen, 50–70 % of which is concentrated in a layer of 0–40 cm, and the supply of plants very high. The content and reserves of nitrogen in the layers 0–40 and 0–100 cm of soil in all variants of the experiment had a high direct relationship with the reserves of productive moisture, the correlation coefficients (r) were 0.88–0.99 and 0.84–0.98, respectively. Mineral fertilizers applied by various methods in the form of fertilizer with nitrogen, phosphorus and potassium (Azofoska) at a dose of 43 kg a. s. / ha did not compensate for the nitrogen removal by spring wheat; their supply of plants at the end of the crop rotation remained very low. At the same time, 50–70 % of its reserves were concentrated in the 0–40 cm soil layer. The greatest absorption of nitrogen by microorganisms in the arable soil layer

occurred in the control, and mineral fertilizers reduced it by 2 times. Nitrogen deficiency in the soil on average for 3 years in the control was 30 kg / ha, and with the introduction of azophoska in rows, scattered and locally – 23; 10 and 9 kg / ha, respectively. The largest increase in wheat yield and payback of 1 kg of a.s. of mineral fertilizers with grain was obtained with spread and row application – 23 and 26 % to the control and 10 and 11 kg / kg, respectively, the smallest – with local – 9 % and 4 kg / kg.

Минеральный азот – основной источник азота для питания растений в почве, на который приходится всего 1–3 % [1, 2]. Его содержание в почве зависит от азотфиксирующей способности свободноживущих и клубеньковых микроорганизмов, поступления с атмосферными осадками, а также от антропогенной деятельности. Установлено, что окультуренные почвы содержат азота на 5–30 % больше, чем почвы под естественной растительностью [3]. С помощью меченных ^{15}N удобрений установлено, что в полевых условиях в год внесения растения могут использовать только 30–50 % азота удобрений, 25–45 % его закрепляется в почве в органической форме, а 10–30 % теряется в результате денитрификации [2]. При антропогенном воздействии на чернозёмы потери азота обусловлены в основном безвозвратным отчуждением его с урожаем. Этот дефицит можно устранить внесением азотных удобрений в дозах, не превышающих 30–40 кг д.в./га в год [4]. Кроме того, в малых дозах (N_{30} , N_{60} и N_{90}) азотные удобрения увеличивают количество доступных для растений форм азота и не оказывают существенного влияния на минерализацию гумуса [5]. Эффективность азотных удобрений значительно повышается при оптимальном содержании в почве подвижных форм фосфора и калия.

Ежегодный рост цен на удобрения, их транспортировку и внесение приводят к уменьшению или даже полному отказу от применения минеральных удобрений в большинстве хозяйств [6]. Поэтому современное земледелие должно обеспечивать наиболее полное использование питательных веществ растениями из удобрений и высокую их окупаемость получаемой продукцией. Многочисленными научно-исследовательскими опытами и практикой передовых хо-

зяйств доказано, что оплата 1 кг внесённого азота удобрений в Сибири может достигать 8–10 кг зерна, или 12–15 кг кормовых единиц. Критические уровни окупаемости минеральных удобрений в условиях современного земледелия составляют: простых удобрений (аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий и др.) – 4–5 кг товарного зерна на 1 кг д.в., комплексных (нитроаммофос, диаммофоска, азофоска и др.) – 6–8 кг зерна. Окупаемость ниже этих уровней нерентабельна и может приводить к снижению эффективного и потенциального плодородия почв.

В последние 3 года дозы внесения минеральных удобрений в Новосибирской области в среднем составили всего 8–9 кг д.в./га пашни. Для получения стабильно высокой урожайности яровой пшеницы и поддержания плодородия почвы необходимо увеличить применение минеральных удобрений под зерновые культуры до 30–40 кг/га.

Сибирь – зона рискованного земледелия. В её лесостепной зоне только 2 года из 10 благоприятны по увлажнению для возделывания яровой пшеницы, а в остальные наблюдается засуха. При избытке нитратов в почве почвенная засуха может оказывать отрицательное влияние на растения пшеницы [7]. В этой связи минеральные удобрения, особенно азотные, следует вносить в таких дозах и такими способами, чтобы можно было получать эффект при любых погодных условиях, даже в засуху. Один из приёмов повышения отдачи от удобрений – внесение их с семенами при посеве или локализация в более увлажнённые слои почвы [7–9]. Величина «критической влаги» [10] зависит в основном от запасов продуктивной влаги в почве с учётом её гранулометрического состава. В метровом слое чернозёмов выщелоченных среднесуглинистых северной лесостепи запасы такой влаги

составляют 112 мм, а уменьшение их ниже этого предела может приводить к резкому снижению урожайности зерновых культур.

На чернозёмах Сибири основной источник азотного питания растений – нитратный азот, содержание которого в слое 0–40 см положено в основу диагностики потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях [2, 5].

В этой связи цель данных исследований – изучить влияние различных способов внесения минеральных удобрений на азотный режим чернозёмов выщелоченных и продуктивность зерновых культур в звене севооборота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены на учебно-опытном поле НГАУ учхоза «Тулинское» (северная лесостепь Приобья), где в течение трех лет в звене зернового севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» изучали действие минеральных удобрений, а на четвертый год – их последствие на азотный режим почвы и продуктивность зерновых культур.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый, который более 60 лет используется в пашне. Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 5,70%, N – 0,266, P – 0,191%, нитратного азота – 13,1 мг/кг, а в слое 0–40 см – 19,3, легкодоступного фосфора – 0,38, подвижного фосфора – 109,8, обменного калия – 153,4 мг/кг; pH – 7,17; сумма обменных оснований – 38,8 мг-экв/100 г почвы, из которых 77,1% составляет кальций.

Варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. Разбросное внесение удобрений (вручную перед весенней культивацией). 3. Рядковое внесение (сеялкой СН-16 при посеве с семенами). 4. Локальное внесение (врезание сеялкой СН-16 на глубину 10–12 см перед посевом). Минеральные удобрения вносили в виде азофоски (16% д.в. – 1: 1: 1) во все поля звена севооборота, кроме чистого пара, в дозе 43 кг д.в./га. Повторность опыта

четырёхкратная, площадь делянки 75 м² (5 х 15), расположение делянок – ярусное.

В опыте выращивали яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 и овёс сорта Краснообский. Агротехника возделывания зерновых – общепринятая для лесостепной зоны. Борьбу с сорняками проводили опрыскиванием посевов препаратом Гепард-экстра КЭ (100 + 27 г/л) из расчёта 0,6 л/га [9].

Отбор почвенных образцов проведён с двух несмежных повторностей бурением до глубины 100 см через 20 см ежегодно, весной – до посева и осенью – перед уборкой. В почве определяли содержание гумуса по методу Тюрина; pH – потенциометрически; общий азот – по Къельдалю, Иодльбауэру; фосфор – по Гинзбург и др.; полевую влажность – термостатно-весовым методом, а максимальную гигроскопическую влажность – по методу А. В. Николаева; обменные основания и обменный кальций – трилометрически; нитратный азот – по Грандваль-Ляжу; легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной; подвижный фосфор (фосфатная ёмкость Q) и обменный калий – по Чирикову [11]. Содержание микробного азота определяли фумигационным способом [12]. Учёт урожайности зерновых культур выполнен поделочно прямым комбайнированием.

Статистическая обработка данных проведена корреляционным и дисперсионным анализами с помощью пакета программ «SNEDECOR» [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Запасы продуктивной влаги и их динамика в почве – функция многих факторов, которые при одинаковой обработке почвы в большей степени зависят от погодных условий и предшественников [14]. Весенние запасы продуктивной влаги в пахотном слое чернозёма в чистом пару были удовлетворительными, а в метровом – хорошие (136–143 мм). Содержание нитратного азота в слое 0–20 см перед посевом пшеницы

варьировало в пределах 11–15 мг/кг, а обеспеченность им в слое 0–40 см соответствовала средней (рис. 1). Осенью, за счёт выноса азота пшеницей, обеспеченность им,

независимо от способа внесения удобрений, была очень низкой. Следовательно, азофоска в дозе 43 кг д.в./га не компенсировала вынос азота пшеницей.

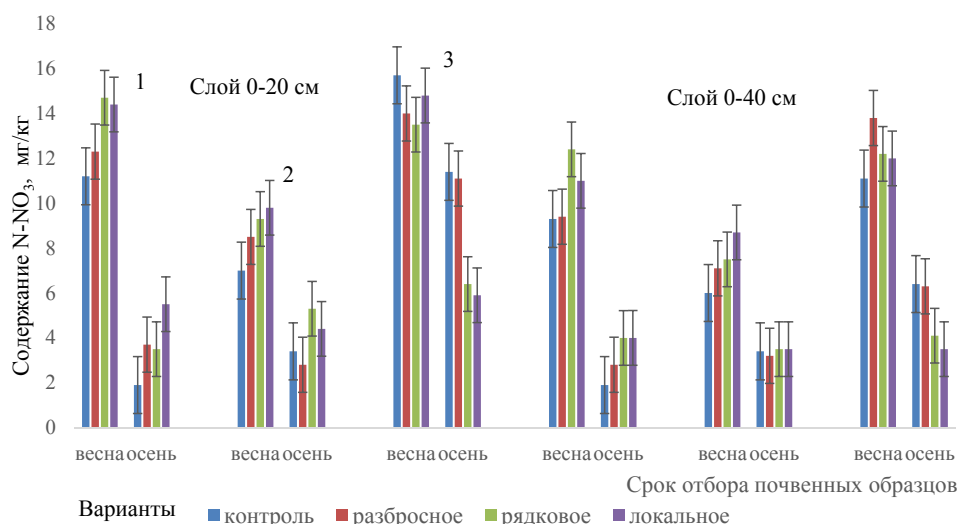


Рис. 1. Динамика нитратного азота в звене севооборота на чернозёме выщелоченном при разных способах внесения удобрений:

1 – пшеница по пару; 2 – пшеница по пшенице; 3 – пшеница по пшенице.

Dynamics of nitrate nitrogen in the link of crop rotation on leached chernozem with different methods of fertilization: 1 - wheat in pairs; 2 - wheat for wheat; 3 - wheat over wheat.

Весной перед посевом пшеницы второй культурой севооборота при удовлетворительных запасах продуктивной влаги в слое 0–20 см и близких к критическим в слое 0–100 см содержание нитратного азота в слое 0–20 см в вариантах с удобрениями превышало контроль. Обеспеченность растений азотом в слое 0–40 см всех вариантов опыта была средней, исключение составил вариант с локальным внесением азофоски, где она была высокой. От весны к осени содержание азота в слое 0–40 см уменьшалось во всех вариантах опыта до очень низкого. Таким образом, и во второй год внесения при возделывании пшеницы по пшенице (вторая пшеница по пару) удобрения не компенсировали вынос азота из почвы.

Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см перед посевом яровой пшеницы третьей культурой были низкими, а в слое 0–100 см – на уровне критических – 111–125 мм и возрастали в ряду: рядковый – локальный – разбросной способ. Обеспеченность растений нитратным азотом в слое 0–40 см почвы при

этом во всех вариантах опыта соответствовала средней, а к уборке пшеницы находилась в интервале от очень низкой до низкой обеспеченности. Следовательно, за третий год применения удобрения опять не компенсировали вынос азота пшеницей.

Известно, что нитраты хорошо растворяются в почвенной влаге и могут передвигаться по профилю почвы сверху вниз, а при уменьшении влажности – подниматься вверх и активно участвовать в питании растений в разные периоды их вегетации и влиять на урожайность [15]. В этой связи важно знать, как изменялись запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см почвы. В этих слоях парового поля чернозёма они составляли в среднем 46 и 70 кг/га соответственно (табл. 1). Большая часть их была сосредоточена в слое 0–40 см – 52–66 % (табл. 2). К уборке пшеницы в обоих слоях почвы они уменьшались примерно в 5 раз в контроле и в 3–3,5 и 2,4–3 раза в вариантах с удобрениями по сравнению с исходными запасами и в 1,5–2 и 1,4–2 раза соответственно по сравнению с контролем. Половина

запасов азота (51–58%) по-прежнему находилась в слое 0–40 см.

Весной перед посевом второй пшеницы (второй год исследований) запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см почвы в контроле за счёт текущей нитрификации возрастали в 3 раза, а в вариантах с удобрениями – в 2–2,5 и 1,6–2,3 раза соответственно и заметно превышали контроль

только при локальном внесении. Большая часть азота (53–64%) была сосредоточена в слое почвы 0–40 см. К уборке пшеницы запасы азота в метровой толще почвы составили 29–31 кг/га, из которых 43–49% находились в слое 0–40 см (см. табл. 1, 2). Следовательно, внесение азотосодержащих удобрений в течение двух лет в условиях хорошей влагообеспеченности почвы способствовало неболь-

Таблица 1

Динамика запасов нитратного азота в чернозёме выщелоченном при разных способах внесения минеральных удобрений, кгN-NO₃/га

Dynamics of stocks of nitrate nitrogen in leached chernozem with different methods of applying mineral fertilizers, kgN-NO₃ / ha

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удобрений			Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удобрений		
		разброс- ной	рядко- вый	локаль- ный		разброс- ной	рядко- вый	локаль- ный
Слой 0–40 см								
Пшеница по пару	38,7	39,7	51,8	45,5	8,2	11,4	16,7	16,7
Пшеница по пшенице	25,0	29,5	31,1	36,3	14,1	13,7	14,6	14,7
Пшеница по пшенице	45,9	57,9	51,0	50,1	26,1	25,5	16,8	14,2
НСР _{0,5}	21,2				11,3			
Слой 0–100 см								
Пшеница по пару	74,4	62,0	78,3	71,4	15,7	21,6	32,6	28,6
Пшеница по пшенице	46,7	49,9	51,5	56,7	29,5	31,5	31,5	30,0
Пшеница по пшенице	67,9	98,7	98,4	76,1	32,7	35,1	32,4	21,6
НСР _{0,5}	36,6				11,6			

шой миграции азота по профилю почвы глубже 40 см.

Весенние запасы нитратного азота в слоях почвы 0–40 и 0–100 см перед посевом пшеницы третьей культурой по пару в вариантах с удобрениями составляли 50–60

и 76–99 кг/га. Наибольшими и одинаковыми в метровой толще почвы они были при разбросном и рядковом их внесении, 52–66% их находилось в слое 0–40 см. К уборке пшеницы в этом слое их было сосредоточено 79–66%, а наибольший вынос азота пшеницей

Таблица 2

Относительные запасы нитратного азота в слое 0–40 см почвы при внесении минеральных удобрений, % от запасов в слое 0–100 см

Relative reserves of nitrate nitrogen in the 0–40 cm layer of soil when applying mineral fertilizers, % of the reserves in the 0–100 cm layer

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений			Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений		
		разбросной	рядковый	локальный		разбросной	рядковый	локальный
Пшеница по пару	52	65	66	64	52	53	51	58
Пшеница по пшенице	53	59	60	64	48	43	46	49
Пшеница по пшенице	67	59	52	66	79	73	52	66
НСР _{0,5}	11,0				23,0			

отмечен при локальном и рядковом внесении удобрений.

Корреляционный анализ показал прямую и высокую связь содержания и запасов нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см с запасами продуктивной влаги (ЗПВ) в этих слоях как весной, так и осенью во все годы исследо-

ваний, при обоих уровнях достоверности – 1 и 5 % (табл. 3).

Следовательно, при ежегодном внесении азофоски в дозе 43 кг д.в./га в звене севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» обеспеченность нитратным азотом оставалась очень низкой при рядковом и ло-

Таблица 3

Коэффициент корреляции (r) содержания (в слое 0–40 см) и запасов (в слое 0–100 см) нитратного азота с запасами продуктивной влаги (ЗПВ) в почве при внесении минеральных удобрений
Correlation coefficient (r) of the content (in the 0–40 cm layer) and reserves (in the 0–100 cm layer) of nitrate nitrogen with the reserves of productive moisture (WW) in the soil upon application of mineral fertilizers

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удо- брений			Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удобрений		
		раз- брос- ной	рядко- вый	ло- каль- ный		раз- брос- ной	рядко- вый	локаль- ный
Пшеница по пару								
Содержание N-NO ₃ (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,95	0,90	0,91	0,88	0,97	0,99	0,94	0,97
ЗапасыN-NO ₃ (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,97	0,93	0,93	0,91	0,95	0,98	0,91	0,95
Пшеница по пшенице								
Содержание N-NO ₃ (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,98	0,98	0,98	0,97	0,92	0,92	0,96	0,88
ЗапасыN-NO ₃ (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,93	0,93	0,94	0,84
Пшеница по пшенице								
Содержание N-NO ₃ (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,93	0,98	0,96	0,97	0,96	0,93	0,90	0,94
Запасы N-NO ₃ (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96	0,94	0,85	0,95
Коэффициент корреляции (r) 5 %	0,81							
Коэффициент корреляции (r) 1 %	0,91							

кальном её внесении и средней – при разбросном. Запасы нитратного азота в слое 0–100 см, несмотря на вынос пшеницей, увеличивались в среднем на 20 кг д.в./га при разбросном и рядковом внесении и не изменялись при локальном. Бóльшая их часть во все годы исследований была сосредоточена в слое почвы 0–40 см.

Минеральные удобрения, способствуя активизации почвенных микроорганизмов, могут вызывать как усиление минерализации органического вещества почвы и снижение его содержания, так и его стабилизацию [15, 16]. В то же время азот почвы и удобрений служит источником питания не только для растений, но и активно поглощается микроорганизмами. С одной стороны, микроорганизмы в течение нескольких суток способны иммобилизовать весь пул минерального азота в почве, с другой – они являются ближайшим резервом в снабжении растений минеральными со-

единениями азота [17]. Однако значительная часть азота удобрений, прежде чем поступить в растения, проходит через циклы микробной иммобилизации-минерализации. Величина поглощения азота удобрений микробами в течение первой недели может достигать 4/5 от внесенного в почву количества. В вегетационных и полевых опытах скорость поступления минерального азота в растения в 3–6 раз ниже максимально возможной скорости микробной иммобилизации азота [18, 19]. В условиях полевого опыта в почве связывается до 30–40 % азота внесённых азотных удобрений. После отмирания микроорганизмов азот их плазмы частично минерализуется и частично переходит в форму органических соединений, до 10 % азота которых может быть использовано растениями в следующем году.

С одной стороны, согласно данным некоторых ученых [17–19], запасы микробного азота в пахотном слое серой лесной почвы

при увеличении дозы азотного удобрения возрастали от 85–160 до 246–1385 кг/га; в чистом пару чернозёма они составляли 440, а под кукурузой – 300 кг/га. С другой стороны, содержание микробного азота в серой лесной почве и чернозёме оподзоленном при выращивании яровой пшеницы в большей степени зависело от обработки почвы и внесения растительных остатков, чем от применения азотных удобрений в дозах 30–120 кг/га [20]. Наибольшие запасы микробного азота в пахотном слое почв были обнаружены в начале вегетации пшеницы – 180 кг/га, а к её уборке они составляли 50–60 кг/га. В длительных опытах на дерново-подзолистой почве [21] установлено, что характер динамики микроббиомассы практически одинаков в контроле и в вариантах с применением органических и минеральных удобрений. Запасы микробного азота в пахотном слое почвы, рассчитанные с учётом его среднего содержания в микробной биомассе, составили приблизительно 70 кг/га [22].

Следовательно, функционирование микробно-ценоза может вносить существенный вклад в питание растений азотом, особенно в условиях экстенсивного земледелия.

Определение содержания и запасов микробного азота в пахотном слое чернозёма выщелоченного в период уборки яровой пшеницы, возделываемой третьей культурой по чистому пару, показало, что наибольшими они были в контрольном варианте – 112 мг/кг и 222 кг/га соответственно (рис. 2). В вариантах с удобрениями, независимо от способа их внесения, они уменьшались почти в 2 раза и были обусловлены большим поступлением растительных остатков за счёт увеличения урожайности пшеницы (табл. 3). В слое 0–40 см количество и запасы микробного азота в зависимости от способа внесения удобрений возрастали в ряду: рядковый – разбросной – локальный, составив 24; 41; 54 мг/кг и 96; 170; 225 кг/га соответственно.

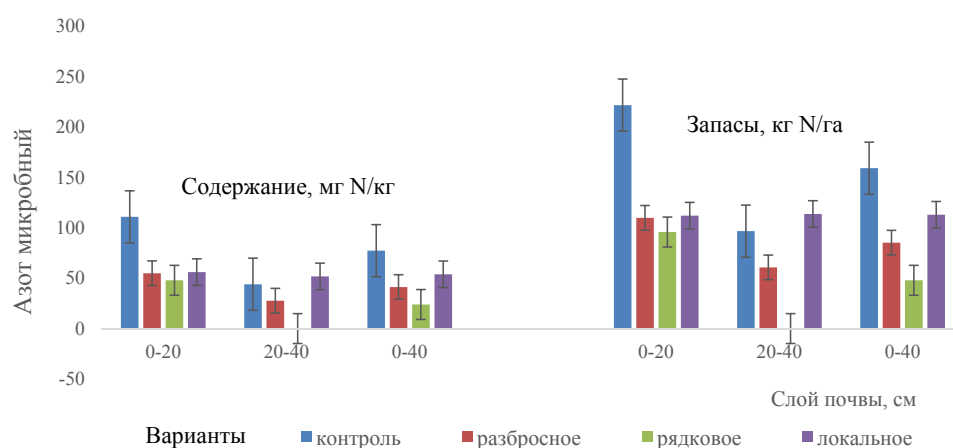


Рис. 2. Влияние минеральных удобрений, внесённых разными способами, на содержание и запасы микробного азота в почве
The influence of mineral fertilizers applied in different ways on the content and reserves of microbial nitrogen in the soil

Следовательно, наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое чернозёма выщелоченного происходило в контроле – 222 кг/га. Минеральные удобрения усиливали конкуренцию между растениями пшеницы и микроорганизмами за поглощение азота и приводили к уменьшению его накопления в телах микроорганизмов в среднем в 2 раза. В слое 0–40 см наибольш-

шие запасы микробного азота формировались при локальном внесении удобрений, поэтому этот азот может быть использован растениями в последствии.

Установлено, что доля участия азота в прибавке урожайности от полного удобрения в зависимости от почвенно-климатических зон может составлять от 14 до 70% [23]. Урожайность пшеницы в первый год

применения удобрений в условиях резкого недостатка влаги весной (май) при посеве и летом (июль) при наливе и созревании пшеницы варьировала незначительно – от 19,0 до 21,5 ц/га (табл. 4). Наибольшая прибавка от удобрений получена при рядковом способе их внесения – 12 %. Следовательно, в условиях засушливой весны, при удовлетворительных запасах продуктивной влаги в чернозёме, эффективность разбросного и локального способов внесения была одинаково низкой, а рядкового – наибольшей. Во второй год внесения

наибольшая прибавка урожайности пшеницы была получена при разбросном, а на третий год – при рядковом внесении удобрений – 19 и 70 % к контролю соответственно. В среднем за 3 года применения удобрений наибольшая эффективность их действия на величину урожайности получена при разбросном и рядковом внесении – прибавка к контролю составила 23 и 26 %

Изучение последствий минеральных удобрений при выращивании овса показало их высокую эффективность только при ряд-

Таблица 4

Действие и последствие минеральных удобрений, внесённых разными способами, на урожайность зерновых культур на чернозёме выщелоченном, ц/га

Effect and aftereffect of mineral fertilizers applied in different ways on the yield of grain crops on leached black soil, c/ha

Вариант (А)	Пшеница по пару		Пшеница по пшенице		Пшеница по пшенице		Средняя за 3 года		Овёс по пшенице, последствие	
	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю
Контроль (без удобрений)	19,2	-	23,5	-	13,4	-	18,7	-	34,6	-
N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃ в разброс	20,0	+0,8	28,1	+4,6	21,2	+7,8	23,1	+4,4	36,4	+1,8
N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃ в рядки	21,5	+2,3	26,3	+2,8	22,8	+9,4	23,5	+4,8	41,4	+6,8
N ₄₃ P ₄₃ K ₄₃ локально	20,2	+1,0	26,8	+3,3	13,9	+0,5	20,3	+1,6	32,4	-2,2
НСР ₀₅ А – 4,9; НСР ₀₅ В – 4,3									НСР ₀₅ А – 5,2 НСР ₀₅ В – 4,5	

ковом внесении, где урожайность составила 41,4 ц/га, прибавка к контролю – 20 %, к разбросному способу внесения – 14 %.

В среднем за 3 года применения удобрений баланс азота в почве был отрицательным. Его дефицит в контроле составил 30 кг/га, при рядковом внесении – 23, при разбросном и локальном – наименьший и примерно одинаковый – 10 и 9 кг/га. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном сильно варьировала по годам и в среднем за 3 года их применения наибольшей и примерно одинаковой была при рядковом и разбросном внесении – 11 и 10 кг и наименьшей – при локальном – 4 кг/кг.

ВЫВОДЫ

1. В метровой толще чернозёма выщелоченного при паровании может накапливаться

до 70 кг/га нитратного азота, 50–70 % запасов которого сосредоточено в слое 0–40 см, а обеспеченность им растений очень высокая.

2. Содержание и запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см имели высокую прямую связь с запасами продуктивной влаги в этих слоях почвы как весной, так и осенью во все годы исследований, коэффициенты корреляции (r) составили 0,88–0,99 и 0,84–0,98 соответственно.

3. Ежегодное внесение азофоски в дозе 43 кг д.в/га в течение трех лет не компенсировало вынос азота яровой пшеницей. Обеспеченность им растений оставалась очень низкой, 50–70 % запасов нитратного азота находилось в слое 0–40 см.

4. Наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое происходило в контроле. Минеральные удобрения умень-

шали его в среднем в 2 раза. Больше всего микробного азота в почве накапливались при локальном внесении удобрений.

5. В среднем за 3 года исследований дефицит азота в контроле составил 30 кг/га, при рядковом внесении – 23, при разбросном и локальном – наименьший и примерно одинаковый – 10 и 9 кг/га.

6. Наибольшая эффективность действия минерального удобрения на величину уро-

жайности пшеницы получена при разбросном и рядковом внесении – прибавка к контролю составила 23 и 26 %.

7. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном в среднем за 3 года их применения наибольшей и примерно одинаковой была при рядковом и разбросном внесении – 11 и 10 кг и наименьшей – при локальном – 4 кг/кг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
2. Гамзиков Г. П., Кострик Г. И., Емельянова В. Н. Баланс и превращение азота удобрений. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. – 160 с.
3. Муха В. Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). – М.: КолосС, 2004. – 271 с.
4. Титлянова А. А. Продукционно-деструкционные процессы в зерновых агроценозах // Агроценозы степной зоны. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. – С. 151–164.
5. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.
6. Кириллов С. Л., Завальнюк А. В. Методика определения эффективности использования пашни // Вестник НГАУ. – 2011. – № 2 (18). – С. 123–128.
7. Формирование корневой системы и поглощение воды растениями сортов яровой твёрдой пшеницы с различной отзывчивостью на локальное внесение минерального удобрения / В. К. Трапезников, И. И. Иванов, Н. Г. Тальвинская [и др.] // Агрохимия. – 2009. – № 7. – С. 11–19.
8. Колбин С. А. Оптимизация азотного питания яровой пшеницы на чернозёме выщелоченном в связи с изменчивостью гидротермических условий в лесостепи Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2019. – 19 с.
9. Галеева Л. П. Нитратный режим чернозёмов выщелоченных Приобья при разных способах внесения удобрений // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.
10. Способы внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Сибири: рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние; СибНИИЗХим. – Новосибирск, 1991. – 40 с.
11. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
12. Vance E. D., Brookes P. C., Jenkins D. S. An extraction method to measure soil microbial biomass // Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19. – P. 703–707.
13. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
14. Эффективность удобрения азотом яровой пшеницы и ячменя в лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, В. Н. Шоба, С. А. Колбин // Земледелие. – 2015. – № 1. – С. 25–27.
15. Шарков И. Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1997. – 37 с.
16. Галеева Л. П. Гумусовое состояние чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья при применении удобрений // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: ГАУ Сев. Зауралья, 2018. – С. 162–168.
17. Евдокимов И. В. Азот микробной биомассы в почве, его трансформация и использование растениями: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1992. – 17 с.
18. Благодатский С. А. Микробиологическая иммобилизация азота в серой лесной почве в зависимости от агротехнических приёмов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1987. – 25 с.
19. Благодатский С. А., Богомолова И. Н., Благодатская Е. В. Микробная биомасса и кинетика роста микроорганизмов в черноземах при различном сельскохозяйственном использовании // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 1. – С. 113–120.

20. Савенков О.А. Основные параметры цикла азота и их моделирование в агроценозах северной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 18 с.
21. Наумова Н.Б., Барсуков П.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на запас и динамику биомассы микроорганизмов в дерново-подзолистой почве // Сибирский биологический журнал. – 1991. – Вып. 3. – С. 59–67.
22. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
23. Державин Л.М. Интегрированное применение агрохимических средств в зерновом хозяйстве // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 3–17.

REFERENCES

1. Kudeyarov V.N. *Ciklazota v pochve i jeffektivnost' udobrenij* (The nitrogen cycle in the soil and the fertilizer efficiency), Moscow: Nauka, 1989, 216 p.
2. Gamzikov G.P., Kostrik G.I., Emelyanova V.N. *Balans i prevrashhenie azota udobrenij* (Fertilizer nitrogen balance and conversion), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1985, 160 p.
3. Mukha V.D. *Estestvenno-antropogennaja jevoljucija pochv (obshhie zakonomernosti i zonal'nye osobennosti)* (Natural and anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features)), Moscow: KolosS, 2004, 271 p.
4. Titlyanova A.A. *Agrocenozy stepnoj zony*, Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1984, pp. 151–164. (In Russ.)
5. Gamzikov G.P. *Agrohimija azota v agrocenozah* (Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses), Novosibirsk: RASHN, Sib. otd-nie, 2013, 790 p.
6. Kirillov S.L., Zavalnyuk A.V., *Vestnik NGAU*, 2011, No. 2 (18), pp. 123–128. (In Russ.)
7. Trapeznikov A.V., Ivanov I.I., Talvinskaya N.G., Anokhina N.L. *Agrohimija*, 2009, No. 7, pp. 11–19. (In Russ.)
8. Kolbin S.A. *Optimizacija azotnogo pitaniya jarovoj pshenicy na chernozjome vyshhelochennom v svyazi s izmenchivost'ju gidrotermicheskikh uslovij v lesostepi Priob'ja* (Optimization of nitrogen nutrition of spring wheat on leached chernozem in connection with the variability of hydrothermal conditions in the forest-steppe of the Ob region). Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 19 p.
9. Galeeva L.P. *Agrohimicheskij vestnik*, 2011, No. 5, pp. 43–45. (In Russ.)
10. *Sposoby vnesenija mineral'nykh udobrenij pod jarovuju pshenicu v Sibiri: Rekomendacii* (Methods of applying mineral fertilizers for spring wheat in Siberia: Recommendations), RASHN, Sib. otd-nie, SibNIIZHim, Novosibirsk, 1991, 40 p.
11. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* (Soil Chemical Analysis Guide), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.
12. Vance E.D., Brookes P.C., Jenkins D.S. An extraction method to measure soil microbial biomass, *Soil Biol. Biochem.*, 1987, Vol. 19, pp. 703–707.
13. Sorokin O.D. *Prikladnaja statistika na komp'yutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk: GUP RPO SO RASHN, 2009, 222 p.
14. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Shoba V.N., Kolbin S.A., *Zemledelie*, 2015, No. 1, pp. 25–27. (In Russ.)
15. Sharkov I.N. *Mineralizacija i balans organicheskogo veshhestva v pochvah agrocenozov Zapadnoj Sibiri* (Mineralization and balance of organic matter in soils of agrocenoses in Western Siberia). Extended abstract of Doctor's thesis, Novosibirsk, 1997, 37 p.
16. Galeeva L.P. *Plodorodie pochv i ocenka produktivnosti zemledelija* (Soil fertility and assessment of crop productivity), Proceedings of the Conference Title, July 18–20, 2018, Tyumen: GAU Northern Trans-Urals, 2018, pp. 162–168. (In Russ.)
17. Evdokimov I.V. *Azot mikrobnogo biomassy v pochve, ego transformacija i ispol'zovanie rastenijami* (Microbial biomass nitrogen in soil, its transformation and use by plants). Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 1992, 17 p.
18. Blagodatsky S.A. *Mikrobiologicheskaja immobilizacija azota v seroj lesnoj pochve v zavisimosti ot agrotehnicheskikh priyemov* (Microbiological immobilization of nitrogen in gray forest soil, depending on agricultural practices). Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 1987, 25 p.

19. Blagodatsky S.A., Bogomolova I.N., Blagodatskaya E.V. *Mikrobiologija*, 2008, Т. 77, No. 1, pp. 113–120. (In Russ.)
20. Savenkov O.A. *Osnovnye parametry cikla azota i ih modelirovanie v agrocenozah severnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri* (The main parameters of the nitrogen cycle and their modeling in agrocenoses of the northern forest-steppe of Western Siberia). Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2004, 18 p.
21. Naumova N.B., Barsukov P.A., *Sibirskiy biologicheskij zhurnal*, 1991, Вып. 3, pp. 59–67. (In Russ.)
22. Nazaryuk V.M. *Balans i transformacija azota v agrojekosistemah* (Nitrogen balance and transformation in agroecosystems), Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2002, 257 p.
23. Derzhavin L.M., *Agrohimija*, 2007, No. 12, pp. 3–17. (In Russ.)

**ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ПОСАДКИ И МАССЫ ПОСАДОЧНОГО КЛУБНЯ
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ТОПИНАМБУРА
В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ**

С.Л. Елисеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е.А. Ренёв, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А.С. Катаев, аспирант

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

E-mail: aKataev92@mail.ru.

Ключевые слова: топинамбур,
схема посадки, масса посадоч-
ного клубня, зеленая масса,
сухое вещество, урожайность,
густота растений

Реферат. Представлены результаты исследований влияния схемы посадки и массы посадочного клубня на урожайность и качество кормовой массы топинамбура. Полевой опыт был проведен в 2018–2019 гг. на учебно-научном опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Результаты исследований показывают, что посадка топинамбура по схеме 70 x 30 см является оптимальной для получения наибольшей урожайности сухого вещества – 4,09 т/га, что на 0,62–0,65 т/га выше, чем при использовании более редких схем. Это обусловлено увеличением числа всходов и большей густотой стояния растений перед уборкой, которая при посадке по схеме 70x30 см составила 3,9 шт/м², что на 0,7–1,4 шт/м² больше, чем при посадке 70 x 40 и 70 x 50 см. Масса посадочного клубня не влияет на урожайность зеленой массы и сухого вещества культуры. Более высокая чистая продуктивность фотосинтеза посевов отмечается от фазы всходов до фазы бутонизации при посадке 70 x 30 см – 3,50 г/м²·сут, что на 0,26–0,31 3,50 г/м²·сут больше, чем при более редких схемах посадки. К фазе бутонизации при этой схеме посадки растения достигают наибольшей высоты – 138 см. Рост растений топинамбура продолжается до фазы цветения, в период которой высота растений достигает своего максимума – 151–155 см. Накопление витамина С в клубнях топинамбура не зависит от схемы посадки и массы посадочного клубня. Содержание каротина ввиду большей облиственности растений при посадке 70 x 30 см составляло 6,1 мг/кг, а при использовании клубней массой 20–40 и 41–60 г – 5,2–6,0 мг/кг.

**INFLUENCE OF THE PLANTING SCHEME AND THE MASS OF THE PLANTING
TUBER ON THE YIELD AND QUALITY OF THE GREEN MASS OF ARTICHOKE
IN THE MIDDLE URALS.**

S.L. Eliseev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
E.A. Renev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
A.S. Kataev, PhD student

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

Key words: artichoke, planting scheme, planting tuber mass, green mass, dry matter, yield, plant density.

Abstract. The results of studies on the influence of the planting scheme and the mass of the planting tuber on the yield and quality of the artichoke fodder mass are presented. The field experiment was carried out in 2018–2019 at the educational and scientific experimental field of the Perm State Technical University. Research results show that planting artichoke according to the scheme 70 x 30

cm is optimal for obtaining the highest yield of dry matter – 4.09 t / ha, which is 0.62–0.65 t / ha higher than when using more rare schemes. This is due to an increase in the number of seedlings and a greater density of standing of plants before harvesting. Planting according to the 70x30 cm scheme was 3.9 pcs / m². This is 0.7–1.4 pcs / m² more than planting 70x40 and 70 x 50 cm. The mass of the planting tuber does not affect the yield of green mass and dry matter of the crop. A higher net productivity of photosynthesis of crops is noted from the germination phase to the budding phase when planting 70 x 30 cm – 3.50 g / m² day. This is 0.26–0.31 3.50 g / m² day more than at more rare landing patterns. By the budding phase with this planting scheme, the plants reach the highest height – 138 cm. The growth of artichoke plants lasts until the flowering phase, during which the plant height reaches its maximum - 151-155 cm. The accumulation of vitamin C in the artichoke tubers does not depend on the planting scheme and weight planting tuber. The content of carotene in terms of the greater foliage of plants when planting 70 x 30 cm was 6.1 mg / kg, and when using tubers weighing 20–40 and 41–60 g - 5.2–6.0 mg / kg.

На сегодняшний день зеленая масса топинамбура по праву считается одним из перспективных источников сырья для производства кормов высокого качества [1–4]. Уникальный биохимический состав надземной массы обуславливает ценность топинамбура как кормовой культуры. В ней содержится 4–5 % углеводов, до 1 % жира, 2,8–3,6 % белков [5–9]. Использование зеленой массы топинамбура в кормовых целях возможно в виде сенажа или силоса, травяной муки, зеленой подкормки [10–13]. Силос из зеленой массы топинамбура по своей питательности превосходит силос из подсолнечника ввиду большего содержания протеина и кормовых единиц и лишь немного уступает силосу из кукурузы [14].

Сочетание оптимальной схемы посадки и массы посадочного клубня способствует получению высокой урожайности и качества кормовой массы топинамбура. В условиях Республики Хакасия наибольшую продуктивность топинамбура обеспечивает посадка по схеме 20 x 70 см [15]. В исследованиях, проведенных на базе Тверской ГСХА, наибольшая урожайность ботвы была достигнута при посадке по схеме 70 x 30 см – 29,1–30,2 т/га, что существенно больше, чем при использовании более редких схем посадки [16]. Считается, что больший урожай формируется при посадке крупными клубнями [17]. Например, при посадке клубнями массой 80–100 г урожайность сухой биомассы составляет 150 ц/га [18]. В условиях Республики Узбекистан большую урожайность зеленой массы возмож-

но получить при посадке клубнями массой 35–40 г – 113,8 т/га, что на 19,8 т/га больше, чем при посадке более мелкими клубнями массой 15–20 г [19]. В 20-е гг. XX в. учеными Пермского государственного университета А. А. Хребтовым и П. В. Максимовым было установлено, что наибольший урожай дает посадка целыми клубнями. Резка крупных и средних клубней на 2–3 части понижает урожай зеленой массы на 22 %. Подобные исследования в условиях Среднего Предуралья проводились в начале прошлого столетия и не были глубокими. Однако современные исследования ученых доказывают, что схема посадки и масса посадочного клубня являются важнейшими факторами формирования кормовой массы топинамбура.

Цель исследования – определить оптимальную схему посадки и массу посадочного клубня, обеспечивающие получение наибольшей урожайности сухого вещества и качества зеленой массы топинамбура.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований в 2018–2019 гг. на базе учебно-научного опытного поля Пермского ГАТУ закладывали двухфакторный опыт по схеме: фактор А – схема посадки: А₁–70 x 30 см, А₂–70 x 40 см, А₃–70 x 50 см; фактор В – масса посадочного клубня: В₁–20–40 г, В₂–41–60 г, В₃–61–80 г. Повторность в опыте – четырехкратная. Общая площадь делянки – 30 м², учетная

площадь – 20 м². Объект исследования – сорт Скороспелка.

Агротехника включала в себя дискование почвы БДМ-2,4 на глубину 10–12 см после уборки предшественника, последующую зяблевую вспашку плугом ПЛН-4–35, ранневесеннее боронование зубовой бороной БЗТС-1,0, культивацию с боронованием на глубину 10–12 см культиватором КПС-4, нарезку гребней культиватором КОН-2,8. Минеральные удобрения вносили разбрасывателем D-Pol в дозе N₂₂₁ P₇₄ K₃₇₄, определенной с учетом выноса с урожайностью клубней 25 т/га. Перед посадкой клубни топинамбура просушивали и калибровали по фракциям. Посадку клубней проводили вручную на глубину 5–6 см согласно изучаемым схемам. Уход за посадками включал в себя проведение трехкратной междурядной обработки культиватором КОН-2,8 до всходов, при появлении всходов и при высоте растений 20 см. Уборку зеленой массы проводили перед уборкой клубней поделочно триммером Husqvarna 128R в 2018 г. – 28 октября, в 2019 г. – 25 октября. Опыт закладывали на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почве. Средняя температура воздуха за вегетационный период 2018 г. – 14,7°C, 2019 г. – 12,1°C, количество выпавших осадков – 370 и 555 мм соответственно. Опыт заложен по методике Б. А. Доспехова [20], сопутствующие наблюдения и исследования проведены по общепринятым методикам и ГОСТам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучаемые приемы посадки не оказали существенного влияния на урожайность зеленой массы топинамбура. Выявлена тенденция ее увеличения при схеме 70 x 30 см – на 1,9 т/га по сравнению с более редкими схемами посадки. В зависимости от использования разных посадочных клубней урожайность зеленой массы варьировала на уровне 13,6–15,2 т/га (табл. 1). При использовании на посадку клубней массой 41–60 г урожайность возрастала на 1,6 т/га по сравнению с посадкой мелкой фракцией. Применение крупной фракции не приводит к росту урожайности.

Наибольшая урожайность сухой массы топинамбура наблюдается при схеме посадки 70 x 30 см – 4,09 т/га, что на 0,62–0,65 т/га больше, чем при использовании более редких схем посадки. Посадка топинамбура по схемам 70 x 30 и 70 x 50 способствует увеличению сухой биомассы растений при использовании более крупных посадочных клубней по сравнению с клубнями массой 20–40 г – на 0,80–0,87 и 0,25–0,84 т/га соответственно. При посадке 70 x 40 см наблюдается обратная тенденция: снижение сухой массы топинамбура при посадке клубнями массой 41–60 и 61–80 г на 0,30–0,38 т/га. Однако эти изменения незначительны.

Густота стояния растений перед уборкой при посадке 70 x 30 см составила 3,9 шт/м², что на 0,7–1,4 шт/м² больше, чем при применении более редких схем посадки. Это обусловлено

Таблица 1

Урожайность зеленой и сухой массы топинамбура (среднее за 2018–2019 гг.), т/га
Yield of green and dry mass of artichoke (average for 2018–2019), t / ha

Схема посадки, см (А)	Масса посадочного клубня, г (В)						Среднее по А	
	20–40		41–60		61–80			
	зеленая масса	сухое ве- щество	зеленая масса	сухое ве- щество	зеленая масса	сухое ве- щество	зеленая масса	сухое веще- ство
70 x 30	14,4	3,53	16,9	4,40	16,0	4,33	15,7	4,09
70 x 40	14,0	3,66	13,5	3,36	14,0	3,28	13,8	3,44
70 x 50	12,6	3,10	15,1	3,94	13,6	3,35	13,8	3,47
Среднее по В	13,6	3,43	15,2	3,90	14,5	3,66		
НСР ₀₅ главных эффектов				по фактору А		F _φ ≤ F ₀₅		0,54
				по фактору В		F _φ ≤ F ₀₅		F _φ ≤ F ₀₅
НСР ₀₅ частных различий				по фактору А		F _φ ≤ F ₀₅		0,93
				по фактору В		F _φ ≤ F ₀₅		F _φ ≤ F ₀₅

большей нормой посадки и числом всходов. Выживаемость растений при посадке 70 х 40 см оказалась на 5–6% больше, чем при более редких схемах посадки, и составила 88%. Более плотная густота стояния растений при посадке 70 х 30 см обуславливает более высокую урожайность зеленой массы – 15,7 т/га ($r = 0,87$) и сухой массы – 4,09 т/га ($r = 0,84$) (см. табл. 1).

Густота стояния растений при посадке клубнями массой 41–60 г перед уборкой составила 3,3 шт/м², выживаемость – 87%, что на 0,2 шт/м² и 6% больше, чем при использовании мелких посадочных клубней (табл. 2), что подтверждает тенденцию увеличения урожайности зеленой массы и сухого вещества в этом варианте (см. табл. 1). Дальнейшее

Таблица 2

Густота растений перед уборкой (шт/м²) и выживаемость растений топинамбура (%)
(среднее за 2018–2019 гг.)

Plant density before harvesting (pcs / m²) and the survival rate of artichoke plants (%) (average for 2018–2019)

Схема посадки, см (А)	Масса посадочного клубня, г (В)						Среднее по А	
	20–40		41–60		61–80			
	густота растений	выжива- емость	густота растений	выжива- емость	густота растений	выжива- емость	густота растений	выжива- емость
70 x 30	3,8	79	4,0	84	4,0	82	3,9	82
70 x 40	3,1	85	3,3	91	3,2	90	3,2	88
70 x 50	2,4	81	2,6	87	2,4	81	2,5	83
Среднее по В	3,1	81	3,3	87	3,2	84		
НСР ₀₅ главных эффектов				по фактору А		0,2	5	
				по фактору В		0,2	4	
НСР ₀₅ частных различий				по фактору А		0,3	9	
				по фактору В		0,3	6	

увеличение массы посадочных клубней не приводит к повышению густоты растений.

Во все фазы развития растения топинамбура существенно большая сухая масса накапливалась при схеме 70 х 30 см: всходы – на 0,08 т/га, бутонизация – на 1,41–1,78, цвете-

ние – на 1,65–2,08, перед уборкой – на 0,62–0,65 т/га (табл. 3), что подтверждает формирование более высокой урожайности сухого вещества (см. табл. 1). Наибольшая масса сухого вещества формируется к фазе цветения и варьирует в зависимости от схемы посадки

Таблица 3

Накопление сухой массы в ботве топинамбура по фазам развития (среднее за 2018–2019 гг.), т/га

Accumulation of dry mass in artichoke tops by development phase (average for 2018–2019), t / ha

Схема посадки, см (А)	Масса посадочного клубня, г (В)	Фаза развития							
		всходы	среднее по А	бутонизация	среднее по А	цветение	среднее по А	уборка	среднее по А
70 х 30	20–40	0,12	0,16	5,90	5,61	7,10	7,10	3,53	4,09
	41–60	0,19		5,59		6,45		4,40	
	61–80	0,18		5,36		7,76		4,33	
70 х 40	20–40	0,09	0,13	3,81	4,20	5,06	5,45	3,66	3,44
	41–60	0,11		3,43		4,83		3,36	
	61–80	0,18		5,25		6,47		3,28	
70 х 50	20–40	0,08	0,08	3,30	3,83	4,85	5,02	3,10	3,47
	41–60	0,09		4,25		5,47		3,94	
	61–80	0,08		3,95		4,73		3,35	
Среднее по В (20–40 г)		0,10		4,34		5,67		3,43	
Среднее по В (41–60 г)		0,12		4,42		5,58		3,90	
Среднее по В (61–80 г)		0,15		4,89		6,32		3,66	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору А		0,07		1,39		1,40		0,54	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору А		0,12		2,41		2,43		0,93	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	

от 5,02 до 7,10 т/га. Перед уборкой наблюдается снижение сухой массы топинамбура ввиду начала активного оттока питательных веществ в клубни. Масса посадочного клубня не оказывает существенного влияния на накопление сухой массы. Однако в каждой фазе развития топинамбура наблюдается тенденция ее увеличения при посадке более крупными клубнями: всходы – на 0,02–0,05 т/га, бутонизация – на 0,08–0,55, цветение – на 0,65–0,74 и перед уборкой – на 0,23–0,47 т/га, что подтверждает повышение

урожайности при этом сочетании агроприемов (см. табл. 1).

Существенно большая чистая продуктивность фотосинтеза отмечается от фазы всходов до фазы бутонизации при схеме посадки 70 x 30 см – 3,50 г/м²·сут, что на 0,26–0,31 г/м²·сут больше, чем при более редких схемах посадки. От посадки до всходов продуктивность фотосинтетической деятельности в зависимости от схемы посадки составила 4,19–4,61 г/м²·сут, в период от бутонизации до цветения – 0,75–1,41 г/м²·сут (табл. 4).

Таблица 4

Чистая продуктивность фотосинтеза по периодам развития топинамбура (2019 г.), г/м²·сут
Net productivity of photosynthesis by periods of artichoke development (2019), g / m² day

Схема посадки, см (А)	Масса посадочного клубня, г (В)	Период					
		посадка-всходы	среднее по А	всходы – бутонизация	среднее по А	бутонизация цветение	среднее по А
70 x 30	20–40	4,81	4,19	3,75	3,50	1,34	0,75
	41–60	3,95		3,66		0,33	
	61–80	3,83		3,11		0,58	
70 x 40	20–40	4,20	4,53	3,17	3,19	1,36	1,41
	41–60	4,82		2,94		1,34	
	61–80	4,56		3,46		1,54	
70 x 50	20–40	5,15	4,61	3,23	3,24	0,91	0,95
	41–60	4,45		3,59		1,13	
	61–80	4,23		2,92		0,82	
Среднее по В (20–40 г)		4,72		3,38		1,20	
Среднее по В (41–60 г)		4,41		3,40		0,93	
Среднее по В (61–80 г)		4,21		3,16		0,98	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору А		$F_{\phi} \leq F_{05}$		0,24		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору А		$F_{\phi} \leq F_{05}$		0,41		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	

Существенно большая продуктивность фотосинтетической деятельности растений в самый продолжительный период развития – от всходов до бутонизации при посадке 70 x 30 см, равная 3,50 г/м²·сут, способствовала получению большей урожайности сухой массы ($r = 0,99$) (см. табл. 1). Чистая продуктивность фотосинтеза не зависела от массы посадочного клубня.

Высота растений топинамбура в фазе всходов составила 20–21 см. В фазе бутонизации наибольшая высота растений достигается при схеме посадки 70 x 30 см – 138 см, что на 2–3 см выше, чем при более редких схемах

посадки. Это обусловлено более высокой чистой продуктивностью фотосинтеза в данную фазу развития ($r = 0,98$). Максимальной высоты растения топинамбура достигают к фазе цветения – 151–155 см. Тенденция увеличения высоты на 2–3 см при схеме посадки 70 x 30 см сохраняется. Масса посадочного клубня не влияет на высоту растений (табл. 5).

Ценность топинамбура как кормовой культуры во многом определяется витаминным составом его зеленой массы. Существенно большее содержание каротина в зеленой массе топинамбура наблюдается при посадке 70 x 30 см – 6,1 мг/кг, что на

Таблица 5

Высота растений по фазам развития топинамбура (среднее за 2018–2019 гг.), см

Plant height by phases of artichoke development (average for 2018–2019), cm

Схема посадки, см (А)	Масса посадочно-го клубня, г (В)	Фазы развития					
		всходы	среднее по А	бутони-зация	среднее по А	цветение	среднее по А
70x30	20–40	20	21	138	138	150	154
	41–60	21		138		157	
	61–80	21		137		155	
70x40	20–40	21	21	137	135	151	152
	41–60	21		134		155	
	61–80	21		134		150	
70x50	20–40	21	20	132	136	147	151
	41–60	20		140		153	
	61–80	20		136		152	
Среднее по В (20–40 г)		21		136		149	
Среднее по В (41–60 г)		21		138		155	
Среднее по В (61–80 г)		21		136		152	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору А		$F_{\phi} \leq F_{05}$		2		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору А		$F_{\phi} \leq F_{05}$		4		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ гл. эф. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	
НСР ₀₅ ч. разл. по фактору В		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$		$F_{\phi} \leq F_{05}$	

1,4–2,2 мг/кг больше, чем при посадке 70 х 40 и 70 х 50 см, что связано с большей облиственностью растений. При посадке клубнями массой 20–40 и 41–60 г содержание каротина достигало 5,2–6,0 мг/кг, что на 1,7–2,5 мг/кг

больше, чем при посадке крупными клубнями. Содержание витамина С в зеленой массе топинамбура не зависело от применяемых агроприемов и составило 47,5–57,2 мг/кг (табл. 6).

Таблица 6

Содержание каротина и витамина С в зеленой массе топинамбура (среднее за 2018–2019 гг.), мг/кг

The content of carotene and vitamin C in the green mass of artichoke (average for 2018–2019), mg / kg

Схема посадки, см (А)	Масса посадочной фракции, г (В)						Среднее по А	
	20–40		41–60		61–80			
	каротин	витамин С	каротин	витамин С	каротин	витамин С	каротин	витамин С
70 x 30	7,2	51,6	7,3	51,3	3,6	52,6	6,1	51,9
70 x 40	4,6	47,5	6,3	51,7	3,1	53,8	4,7	51,0
70 x 50	3,6	57,1	4,4	51,8	3,7	57,2	3,9	55,4
Среднее по В	5,2	52,1	6,0	51,6	3,5	54,5		
НСР ₀₅ главных эффектов				по фактору А		0,9	F _φ ≤ F ₀₅	
				по фактору В		1,0	F _φ ≤ F ₀₅	
НСР ₀₅ частных различий				по фактору А		1,5	F _φ ≤ F ₀₅	
				по фактору В		1,8	F _φ ≤ F ₀₅	

ВЫВОДЫ

1. Наибольшую урожайность сухого вещества топинамбура – 4,09 т/га возможно получить при схеме посадки 70 х 30 см при использовании клубней любой массы. Выявлена тенденция к увеличению урожайности зеленой массы и сухого вещества при посадке клубнями массой более 40 г, что обусловле-

но большей густотой стояния растений перед уборкой – на 0,7–1,4 шт/м² и большей чистой продуктивностью фотосинтеза от всходов до бутонизации – на 0,26–0,31 г/м²·сут.

2. Максимальная густота стояния растений перед уборкой отмечена при посадке по схеме 70 х 30 см – 3,9 шт/м², что на 0,7–1,4 шт/м² больше, чем при более редкой посадке и при использовании посадочных клубней

массой 41–60 г – 3,3 шт/м², что на 0,2 шт/м² больше, чем при посадке мелкими клубнями (20–40 г). При посадке клубнями массой 41–60 г выживаемость растений за вегетацию оказалась на 6 % выше, чем при посадке мелкими клубнями. Наибольшая масса сухого вещества формируется к фазе цветения. Перед уборкой наблюдается снижение сухой массы топинамбура ввиду начала активного оттока питательных веществ в клубни.

3. Чистая продуктивность фотосинтеза в период от посадки до всходов составила 4,19–4,61, в период от всходов до бутонизации – 3,19–3,50, от бутонизации до цветения – 0,75–1,41 г/м²·сут. При схеме посадки 70 х 30 см к фазе бутонизации чистая продуктивность

фотосинтеза была наибольшей – 3,50 г/м²·сут. Масса посадочного клубня не оказала влияния на продуктивность фотосинтеза.

4. Высота растения достигает максимума в фазе цветения – 151–155 см. В фазе бутонизации наибольшая высота отмечена при посадке по схеме 70 х 30 см – 138 см, что на 2–3 см больше, чем при более редких схемах посадки. Масса посадочного клубня не влияет на высоту растения.

5. Наибольшее содержание каротина в зеленой массе накапливается при посадке по схеме 70 х 30 см (6,1 мг/кг) клубнями массой 20–40 и 41–60 г (5,2–6,0 мг/кг). Содержание витамина С не зависит от изучаемых приемов посадки и составляет 47,5–57,2 мг/кг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михальченкова Е. С. Топинамбур как перспективная кормовая культура в Нечерноземной зоне России // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – № 2. – С. 42–43.
2. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Топинамбур как кормовой ресурс // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2014. – № 3 (63). – С. 24–26.
3. Королева Ю. С. Качество урожая топинамбура в условиях Нечерноземья // Пища. Экология. Качество.: тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2016. – С. 94–99.
4. Старовойтова О. А. Инновационная грядковая технология выращивания топинамбура и картофеля // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2015. – № 1 (65). – С. 11–14.
5. Аникиенко Т. И. Химический состав и питательность зеленой массы и клубней топинамбура в сравнении с другими культурами // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 9–2. – С. 278–282.
6. Самбуров А. М. Топинамбур – ценный продукт рациона здорового питания // Перспективы развития пищевой и химической промышленности в современных условиях: материалы Всерос. науч.-практ. конф., приуроченной к 45-летию факультета прикладной биотехнологии и инженерии Оренбург. гос. ун-та. – Оренбург, 2019. – С. 441–444.
7. Цгоева Т. Э. Химический анализ топинамбура сортов Скороспелка и Интерес // Известия Горского ГАУ. – 2011. – № 2. – С. 280–282.
8. McCarter S. M., Kays S. J. Diseases limiting production of Jerusalem artichokes in Georgia // Plant Dis. – 1984. – Vol. 68. – P. 299–302.
9. Туркина О. С., Петриченко В. Н., Стукалов М. Ю. Действие регуляторов роста и гуминовых удобрений при некорневой обработке топинамбура // Агрохимический вестник. – 2013. – № 5. – С. 22–23.
10. Бержанова М. И. Выращивание топинамбура в условиях Атырауской области // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2019. – № 5–2 (49). – С. 116–121.
11. Сортоизучение топинамбура в условиях подтаежной зоны Западной Сибири / В. В. Христич, В. Н. Кумпан, Н. А. Прохорова [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (20). – С. 19–23.
12. Латыпов Р. М., Бикназаров Н. А. Разработка технологии производства топинамбура // Актуальные вопросы гуманитарных, экономических и технических наук: теория и практика: материалы Нац. науч. конф. Ин-та инженерии. – Челябинск, 2019. – С. 146–150.

13. Рубан Г.А., Зайнуллина К.С., Михович Ж.Э. Топинамбур в многолетней культуре на севере (Республика Коми) // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. – 2019. – № 4. – С. 212–224.
14. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Ценность топинамбура как кормовой культуры // АПК России. – 2017. – № 4 (63). – С. 915–921.
15. Гордеева Г.Н., Кызынгашева Т.П. Перспективные для условий Республики Хакасия кормовые культуры // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 4. – С. 50–51.
16. Усанова З.И., Павлов М.Н., Жулина Ю.А. Влияние удобрений и густоты посадки на продуктивность сортов топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) в условиях ЦРНЗ РФ // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2018. – № 5. – С. 22–26.
17. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. Агрометодика выращивания топинамбура // Техника и технологии в АПК. – 2017. – № 1. – С. 7–13.
18. Садыков Б.К. Выращивание топинамбура (*Helianthus tuberosus*) в различных экологических условиях // Вестник Казахского национального университета. – 2009. – № 1 (24). – С. 89–97.
19. Элмуродов А.А. Особенности технологии возделывания топинамбура в условиях Зарафшанской долины // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2016. – С. 44–50.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд., стер. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.

REFERENCES

1. Mihalchenkova E. S. *Vestnik OrelGAU*, 2009, No. 2, pp. 42–43. (In Russ.)
2. Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A. *Vestnik FGBOU VPO «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet im. V. P. Goryachkina»*, 2014, No. 3 (63), pp. 24–26. (In Russ.)
3. Koroleva Yu. S., Pishcha. *Ekologiya. Kachestvo*. (Food. Ecology. Quality.), Proceedings of the XIII International scientific and practical conference., Krasnoyarsk, 2016, pp. 94–99. (In Russ.)
4. Starovoytova O. A. *Vestnik FGOU VPO «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet im. V. P. Goryachkina»*, 2015, No. 1 (65), pp. 11–14. (In Russ.)
5. Anikienko T. I. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2015, No. 9–2, pp. 278–282. (In Russ.)
6. Samburov A. M. *Perspektivy razvitiya pishchevoi i himicheskoi promyshlennosti v sovremennykh usloviyakh* (Prospects for the development of the food and chemical industry in modern conditions), materials of the all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 45th anniversary of the faculty of applied biotechnology and engineering of Orenburg state University, Orenburg, 2019, pp. 441–444. (In Russ.)
7. Cgoeva T. E. *Izvestiya Gorskogo GAU*, 2011, No. 2, pp. 280–282. (In Russ.)
8. McCarter S. M., Kays S. J. Diseases limiting production of Jerusalem artichokes in Georgia. *Plant Dis*, 1984, Vol. 68, pp. 299–302.
9. Turkina O. S. *Agrokhimicheskii vestnik*, 2013, No. 5, pp. 22–23. (In Russ.)
10. Berzhanova M. I., *Aktualnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, 2019, No. 5–2 (49), pp. 116–121. (In Russ.)
11. Hristich V. V., Kumpan V. N., Prokhorova N. A., Kling A. P., Chupina M. P., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No. 4 (20), pp. 19–23. (In Russ.)
12. Latypov R. M., Biknazarov N. A. *Aktualnye voprosy gumanitarnykh, ekonomicheskikh i tekhnicheskikh nauk: teoriya i praktika* (Topical issues of Humanities, Economics and technical Sciences: theory and practice), Proceedings of the national scientific conference of the Institute of engineering, Chelyabinsk, 2019, pp. 146–150. (In Russ.)
13. Ruban G. A., Zaynullina K. S., Mikhovich Zh. E. *Byulleten botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, No. 4, pp. 212–224. (In Russ.)
14. Starovoytov V. I., Starovoytova O. A., Manokhina A. A. *APK Rossii*, 2017, No. 4 (63), pp. 915–921. (In Russ.)
15. Gordeeva G. N., Kyzzyngasheva T. P. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, No. 4, pp. 50–51. (In Russ.)

16. Usanova Z. I., Pavlov M. N., Zhulina Yu. A. *Zelenyi zhurnal – byulleten botanicheskogo sada Tverskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, No. 5, pp. 22–26. (In Russ.)
17. Starovoytova O. A., Starovoytov V. I., Manokhina A. A. *Tekhnika i tekhnologii v APK*, 2017, No. 1, pp. 7–13. (In Russ.)
18. Sadykov B. K., *Vestnik Kazahskogo nacionalnogo universiteta*, 2009, No. 1 (24), pp. 89–97. (In Russ.)
19. Elmurodov A. A. Nauka i obrazovanie: sohranyaya proshloe, sozdaem budushchee (Science and education: preserving the past, creating the future), Collection of articles of the VI International scientific and practical conference, Penza, 2016, pp. 44–50. (In Russ.)
20. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniy)* (Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: ID Alyans, 2011, 352 p.

РЕЗЕРВЫ ФОСФОРА И КАЛИЯ В ОСНОВНЫХ ТИПАХ ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

И. А. Захарова, кандидат биологических наук
Х. С. Юмашев, кандидат сельскохозяйственных наук

Челябинский НИИ сельского хозяйства,
Челябинск, Россия
E-mail: chniisx2@mail.ru

Ключевые слова: мониторинг, почва, валовой фосфор, подвижный фосфор, обменный калий, целина, пашня

Реферат. Одной из наиболее важных задач мониторинга земель является контроль содержания в почвах валовых и подвижных форм основных элементов питания. Фосфатно-калийный режим почвы зависит не только от её типа, геохимического состава почвообразующей породы, но также от рельефа местности и уровня химизации. Низкое содержание в почве фосфора на основной площади сельскохозяйственных угодий ограничивает продуктивность агроценозов. Запасы калия в почвах области довольно высоки, но наблюдения за данным показателем также не менее важны. Научный и практический интерес представляет сравнительная оценка фосфатно-калийного режима пахотных земель и целины в условиях одного и того же почвообразовательного процесса. По результатам исследований установлено, что наибольшими запасами валовых и подвижных форм фосфора обладают чернозёмные почвы, наименьшими – тёмно-серые горно-лесные. Выявлено повсеместное снижение запасов подвижного фосфора в почвах, вовлечённых в сельскохозяйственный оборот. Особенно ярко эта тенденция наблюдается в тёмно-серых горно-лесных почвах, чернозёмах обыкновенных и южных. По результатам мониторинга выявлено, что запасы обменного калия на основной площади пашни и целины повышенные, высокие и очень высокие. В тёмно-серых горно-лесных почвах, а также чернозёмах выщелоченных за пять туров обследования снизились запасы обменного калия. В хозяйствах, располагающих обновлённой информацией об агрохимических свойствах почвы, необходимо корректировать дозы удобрений с учётом содержания фосфора и калия в пахотном слое, а также с учётом выноса их с урожаем и коэффициента использования питательных веществ из почвы и удобрений.

PHOSPHORUS AND POTASSIUM RESERVES IN THE MAIN TYPES OF ZONAL SOILS OF THE CHELYABINSK REGION

I.A. Zakharova, Candidate of Biological Sciences
Kh.S. Iumashev, Candidate of Agricultural Sciences

Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk, Russia

Key words: monitoring, soil, gross phosphorus, mobile phosphorus, exchangeable potassium, virgin land, arable land.

Abstract. One of the most important tasks of land monitoring is to control the content of gross and mobile forms of basic nutrients in soils. The phosphate-potassium regime of the soil depends not only on its type and the geochemical composition of the soil-forming rock, but also on the landscape and the level of chemicalization of the soil. The low content of phosphorus in the soil in the main area of agricultural land limits the productivity of agrocenoses. The reserves of potassium in the soils of the region are quite high. However, monitoring of this indicator is still important. A comparative

assessment of the phosphate-potassium regime of arable land and virgin lands under the same soil-forming process is of scientific and practical interest. According to the research results, it has been established that black soils have the highest reserves level of gross and mobile forms of phosphorus. Dark gray mountain-forest soils have the lowest one. A widespread decrease in the reserves of mobile phosphorus in agricultural soils was revealed. This tendency is especially pronounced in dark gray mountain forest soils, ordinary and southern black soils. According to the results of monitoring, it was revealed that the reserves of exchangeable potassium in the main area of arable land and virgin land are gradually increased. In the dark gray mountain-forest soils, as well as leached black soils for five rounds of the survey, the reserves of exchangeable potassium decreased. It is necessary to adjust the dose of fertilizers into the farms with updated information on the agrochemical properties of the soil, taking into account the content of phosphorus and potassium in the arable layer. Also it is of great importance to take into account their removal with the crop and the utilization rate of nutrients from the soil and fertilizers.

Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства определяется её плодородием – способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать высокий урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции [1].

Мощное развитие технического прогресса в аграрном секторе экономики вступает в противоречие с экологическими проблемами. Активные негативные процессы, главным образом техногенного характера, пагубно сказываются на почвенном покрове и ведут к снижению потенциального плодородия: уменьшаются запасы органического вещества, происходит постепенное закисление, засоление и загрязнение пахотного слоя.

Информацию о плодородии и экологическом состоянии почвы в современном земледелии можно получить благодаря мониторингу, что позволит в дальнейшем рационально использовать земельные ресурсы и провести культуртехнические мероприятия. Программа мониторинга земель сельскохозяйственного назначения предусматривает контроль за содержанием в почве как валовых, так и подвижных форм питательных веществ, прежде всего фосфора и калия, дающий представление о плодородии почв.

Челябинская область одной из первых в Уральском регионе с 1993 г. начала вести мониторинг земель сельскохозяйственного на-

значения. Основанием для проведения работ послужили Постановление Правительства РФ от 15.02.1993 № 100 «О государственной программе мониторинга земель РФ на 1993–1995 гг.», Постановление губернатора Челябинской области от 02.06.1993 № 216 «О программе мониторинга земель в Челябинской области». При составлении программы исследований использованы рекомендации ВИУА [2] и В. В. Болотиной [3].

В основу работы положено планомерное периодическое (раз в 5 лет) наблюдение за параметрами плодородия и экологией почвенного покрова пахотных и целинных почв на стационарных реперных площадках, размещённых во всех природно-сельскохозяйственных зонах Челябинской области с охватом основных подтипов почв, встречающихся на землях сельскохозяйственного назначения.

Основной целью исследований является оценка состояния почв и прогноз изменений их плодородия под влиянием различных антропогенных факторов, а также раннее обнаружение развития неблагоприятных свойств почв при их сельскохозяйственном использовании.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из основных показателей плодородия почв, который подвергался исследованию по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, является содержание фосфора (как в валовых, так и подвиж-

ных формах) и обменного калия. Поскольку запасы в почвах области валового калия довольно высоки, было принято решение представить в данной статье результаты только по содержанию обменного калия. Согласно методике исследования, содержание подвижного фосфора и обменного калия определяется с интервалом раз в 5 лет, содержание валового фосфора – раз в 10 лет.

Анализ почвенных образцов проводился в аналитической лаборатории ФГБНУ «Челябинский НИИСХ». Валовой фосфор определяли колориметрически методом Ле Ван Тиема, подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (в образцах, взятых на чернозёме южном карбонатном, – по Мачигину). Общий гумус определяли по Тюрину, азот общий – по Кьельдалю, азот легкогидролизуемый – по Тюрину-Кононовой, гидролитическую кислотность – по Каппену, pH солевой вытяжки – потенциометрически,

сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гельковицу.

Согласно методике выполнения работ по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, содержание валовых и подвижных форм фосфора и калия приводится в миллиграммах на 1 кг почвы в слое 0–40 см. Аналогичные единицы измерения содержания различных форм основных элементов питания растений используют многие авторы, в частности А. Л. Иванов и др. [4].

Пробы почвы для анализа содержания фосфора и калия отбирали в 10 прикопках.

Статистическую обработку данных производили с помощью программы SNEDECOR, разработанной СибНИИЗХим (г. Новосибирск).

Основные агрохимические показатели, отражающие все многообразие представленных типов почв, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Общая агрохимическая характеристика исследуемых почв
General agrochemical characteristics of the studied soils

Тип почвы	Тип угодья	Содержание гумуса, %	Содержание азота		pH _{сол.}	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	Сумма поглощенных оснований, мг-экв/ 100 г
			Общего, %	Легкогидролизуемого, мг/100 г			
Чернозём выщелоченный	Пашня	5,90	0,44	84,4	5,45	3,64	32,6
	Целина	7,44	0,28	90,3	5,50	3,84	31,8
Чернозём обыкновенный	Пашня	6,22	0,40	75,6	6,25	1,91	40,1
	Целина	6,73	0,24	83,3	5,80	2,65	38,2
Чернозём южный	Пашня	3,93	0,29	74,6	7,25	0,43	50,6
	Целина	4,54	0,25	73,6	7,23	0,44	51,0
Тёмно-серая горнолесная	Пашня	3,32	0,18	65,0	5,18	4,03	27,0
	Целина	3,40	0,17	59,8	4,39	7,43	22,6
Солонец чернозёмный	Пашня	4,11	0,24	71,2	7,45	0,50	50,8
	Целина	5,35	0,29	78,8	7,20	0,52	49,3
Солонец лугово- чернозёмный	Пашня	4,32	0,27	94,3	7,54	0,80	46,9
	Целина	5,68	0,32	91,3	6,78	1,91	37,1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению большинства авторов, на запасы различных форм фосфора и калия в почве большое влияние оказывают почвообразующие породы, минералогический и гранулометрический состав, вид землепользования, уровень применения минеральных и органи-

ческих удобрений, а также климатические факторы [5–8].

По результатам наших исследований выявлено, что наибольшими запасами валового фосфора характеризуются выщелоченные чернозёмы, наименьшими – чернозёмы южные карбонатные (табл. 2). На различия в содержании валового фосфора оказывает влияние химический состав почвообразую-

Таблица 2

Содержание валового фосфора в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг
 Content of gross phosphorus in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg

Тип почвы	Тип угодья	Тур обследования		
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	IV (2008–2012 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	927	918	1040
	Целина	834	785	933
Чернозём выщелоченный	Пашня	1025	1277	1307
	Целина	1005	1250	1255
Чернозём обыкновенный	Пашня	702	794	983
	Целина	513	808	960
Чернозём южный карбонатный	Пашня	725	642	828
	Целина	607	614	558
Солонец чернозёмный карбонатный	Пашня	638	598	715
	Целина	788	610	800
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	950	1027	855
	Целина	725	865	813

щих пород. Разница в содержании общего фосфора между пашней и целиной в чернозёмах выщелоченных и обыкновенных незначительна и не превышает 4% в зависимости от тура обследования, в то время как в тёмно-серых горно-лесных почвах она составляет 11–17%, а в чернозёмах южных карбонатных 48% в пользу пашни. В солонце чернозёмном карбонатном содержание валового фосфора на пашне меньше, чем на целине, с разницей 12–24% в пользу целины. В солонцах лугово-чернозёмных на пашне содержание фосфора также было выше, чем на целине.

Наблюдения за содержанием валового фосфора в зональных почвах области показали возрастание запасов к четвёртому туру мониторинга. Наибольший рост отмечен в южных карбонатных и обыкновенных чернозёмах, а также в солонцовых почвах, как на пашне, так и на целине, что, на наш взгляд, можно объяснить только климатическими условиями в ареалах распространения этих подтипов почв.

Характеризуя содержание валового фосфора в основных подтипах зональных почв Челябинской области в целом, следует отметить, что в окультуренных почвах валовое содержание фосфора выше, чем в неосвоенных под пашню аналогах. Основным элементом питания, оказывающим огромное влияние на продуктивность возделываемых в зауральских агроландшафтах культур, является фосфор. Кроме того, он влияет и на эффективность вносимых удобрений, особенно азотных.

Неоднородность почвенного покрова исследуемых типов почв является причиной изменения содержания подвижного фосфора. Особенно проявляется это на солонцовых почвах, где более резко выражена комплексность, в отличие от чернозёмов.

По содержанию подвижного фосфора основные подтипы зональных почв области в зональном ряду представлены в убывающей последовательности, в частности, наибольшими запасами подвижного фосфора обладают чернозёмы выщелоченные, наименьшими – тёмно-серые горно-лесные.

Отчётливо проявилось снижение доли подвижного фосфора в тёмно-серых горно-лесных почвах от I к V туру обследования (табл. 3). Так, содержание подвижного фосфора к пятому туру обследования на пашне снизилось вдвое. По нашему мнению, здесь имеют место сорбционные процессы, которые усилились в результате повышения кислотности почвенного раствора, на что указывали многие исследователи [4, 9, 10]. На целинном аналоге тёмно-серой горно-лесной почвы содержание подвижного фосфора снижалась менее интенсивно.

В чернозёмах выщелоченных и обыкновенных на пашне содержание подвижного фосфора, наоборот, возросло. Однако темпы прироста невысоки: в выщелоченных чернозёмах они составляют 0,25 мг/кг, а в обыкновенных 0,15 мг/кг почвы в год. Данное явление можно объяснить повсеместным внедрением в земледелие технологий возделывания зерно-

Таблица 3

Содержание подвижного фосфора в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)
 The content of mobile phosphorus in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Тип почвы	Тип угодья	Тип обследования				
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	III (2003–2007 гг.)	IV (2008–2012 гг.)	V (2013–2017 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	18,8±3,8	16,4±3,7	15,3±2,6	12,3±1,2	9,3±2,4
	Целина	3,8±0,14	5,6±1,1	5,5±0,8	4,6±0,6	2,4±0,4
Чернозём выщелоченный	Пашня	50,8±1,1	50,6±1,4	54,1±1,9	53,3±5,4	55,8±4,0
	Целина	39,9±1,8	43,0±1,3	38,5±2,8	42,8±5,4	39,5±3,9
Чернозём обыкновенный	Пашня	22,2±2,4	19,0±3,2	25,5±3,4	23,1±2,7	25,1±3,1
	Целина	27,8±2,1	24,1±3,6	24,2±2,6	23,1±2,3	25,5±2,6
Чернозём южный карбонатный	Пашня	15,8±2,3	16,5±2,4	12,7±2,2	11,3±2,7	15,7±2,9
	Целина	12,1±1,5	11,6±1,5	11,0±1,2	11,6±1,4	7,9±0,7
Солонец чернозёмный	Пашня	31,7±5,7	43,2±5,7	42,1±7,6	33,1±4,3	34,9±6,4
	Целина	24,0±3,3	23,2±4,6	31,2±3,0	31,5±3,5	27,2±5,3
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	31,9±8,5	50,1±6,4	42,3±6,2	36,1±4,9	32,0±2,1
	Целина	18,3±3,7	23,4±2,8	19,3±3,5	15,8±2,5	18,4±1,9

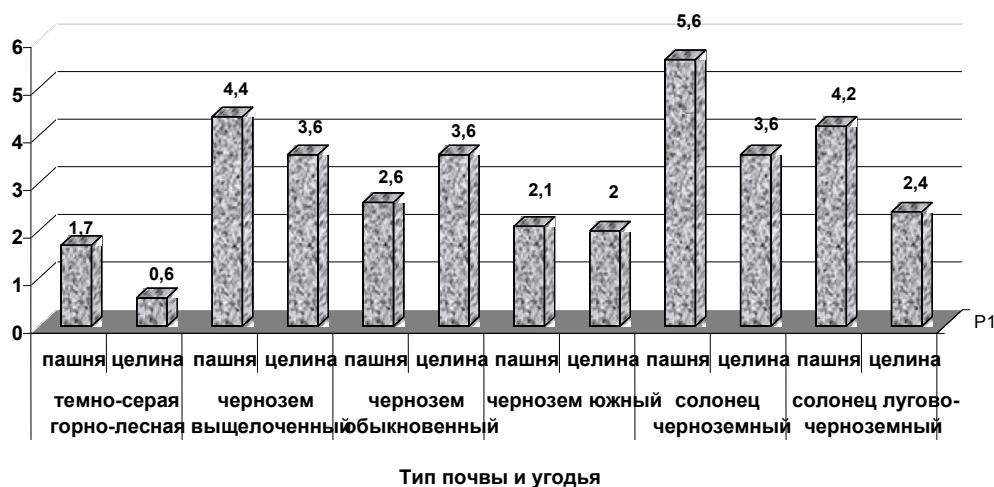
вых культур, предусматривающих оставление на поле всей незерновой части урожая, содержащей определённое количество фосфора.

В тёмно-серой горно-лесной почве, вовлеченной в сельскохозяйственный оборот, содержание подвижного фосфора заметно снизилось. В остальных типах зональных почв содержание подвижного фосфора оставалось без существенных изменений.

В целинных аналогах исследуемых типов почв, а именно тёмно-серых горно-лесных и чернозёме южном, содержание подвижного фосфора снизилось, в то время как в остальных типах и подтипах зональных почв содержание подвижного фосфора на целине осталось без изменений.

Статистическая обработка показателей подвижного фосфора по турам обследования показала высокую степень варьирования показателей содержания подвижного фосфора, особенно в обыкновенных и южных чернозёмах, а также солонцовых почвах (см. табл. 3).

Основная причина довольно высокой степени варьирования показателей стандартной ошибки заключается в недостаточности объёма выборки и в сезонных колебаниях содержания подвижного фосфора, обусловленных климатическими факторами [4, 5, 11]. В исследованиях по программе мониторинга земель сельскохозяйственного назначения объём выборки для определения содержания фосфора составлял 10 проб.



Доля подвижного фосфора в составе валового в среднем за 1993–2012 гг.
 The share of mobile phosphorus in the gross on average for 1993–2012

Доля подвижного фосфора в составе валового варьирует в широком диапазоне (рисунки). Наименьшее количество подвижного фосфора выявлено в тёмно-серых горно-лесных почвах: на пашне оно составляет 1,7%, на целине – 0,6; в чернозёме южном – 2,1 и 2,0, чернозёме обыкновенном – 2,6 и 3,6% соответственно. Больше всего в составе валового фосфора подвижных фосфатов: в солонцах чернозёмных на пашне 5,6%, на це-

лине – 3,6; в чернозёме выщелоченном – 4,4 и 3,6, а на солонце лугово-чернозёмном – 4,2 и 2,4% соответственно. Причём в обыкновенных чернозёмах доля подвижных фосфатов в составе валового на целине больше, чем на пашне. В остальных типах и подтипах зональных почв на целине доля подвижных фосфатов в составе валового фосфора ниже, чем на пашне.

Таблица 4

Содержание обменного калия в основных типах зональных почв Челябинской области, мг/кг ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)
Exchangeable potassium content in the main types of zonal soils of the Chelyabinsk Region, mg / kg ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Тип почвы	Тип угодья	Тип обследования				
		I (1993–1997 гг.)	II (1998–2003 гг.)	III (2003–2007 гг.)	IV (2008–2012 гг.)	V (2013–2017 гг.)
Тёмно-серая горно-лесная	Пашня	97 ± 4	67 ± 9	66 ± 4	77 ± 9	60 ± 5
	Целина	82 ± 4	57 ± 7	69 ± 8	67 ± 8	57 ± 4
Чернозём выщелоченный	Пашня	113 ± 4	100 ± 7	90 ± 4	92 ± 4	81 ± 7
	Целина	192 ± 8	178 ± 9	180 ± 5	178 ± 5	174 ± 6
Чернозём обыкновенный	Пашня	155 ± 7	122 ± 12	128 ± 9	139 ± 10	161 ± 15
	Целина	315 ± 24	221 ± 21	258 ± 20	286 ± 29	221 ± 26
Чернозём южный карбонатный	Пашня	470 ± 28	380 ± 18	349 ± 14	399 ± 14	360 ± 15
	Целина	473 ± 33	380 ± 20	412 ± 20	434 ± 13	365 ± 25
Солонец чернозёмный	Пашня	144 ± 14	131 ± 12	124 ± 7	159 ± 11	148 ± 24
	Целина	128 ± 13	171 ± 13	176 ± 12	193 ± 17	204 ± 16
Солонец лугово-чернозёмный	Пашня	141 ± 16	141 ± 14	130 ± 13	129 ± 13	142 ± 12
	Целина	105 ± 13	115 ± 5	124 ± 10	119 ± 12	144 ± 12

Представленные результаты исследований стали существенным дополнением к ранее опубликованным данным по фосфатному режиму основных подтипов зональных почв области [3, 7, 12–16].

Контроль за калийным режимом почвы также является одним из важных задач мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, хотя запасы его в почвах области довольно высоки. Обеспеченность большинства зональных почв области обменным калием повышенная, высокая и очень высокая (табл. 4). Если в тёмно-серых горно-лесных почвах и чернозёмах выщелоченных запасы обменного калия повышенные, то в чернозёмах обыкновенных и солонцовых почвах запасы калия высокие, а в чернозёмах южных очень высокие как на целине, так и на пашне.

К пятому туру обследования запасы обменного калия в тёмно-серых горно-лесных почвах и чернозёмах выщелоченных снизились на обоих типах угодья, наиболее заметное снижение наблюдалось в тёмно-серых горно-лесных почвах. В обыкновенных и южных чернозёмах, а также солонцовых почвах запасы обменного калия существенно не изменились.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшие запасы валового фосфора отмечены в чернозёмах выщелоченных, наименьшие – в чернозёмах обыкновенных, южных и солонцовых почвах.

2. По запасам подвижного фосфора зональные почвы располагаются в следующей убывающей последовательности: чернозёмы

выщелоченные, солонцы чернозёмные и лугово-чернозёмные, чернозёмы обыкновенные, южные и тёмно-серые горно-лесные.

3. Больше всего подвижных фосфатов присутствует в составе валового фосфора в солонцах чернозёмных, выщелоченных чернозёмах и солонцах лугово-чернозёмных.

4. Запасы обменного калия в зональных почвах области довольно высоки, тем не менее в тёмно-серых горно-лесных почвах и выщелоченных чернозёмах содержание данного элемента питания растений падает.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения* / под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М.: МСХ РФ, 2003. – 196 с.
2. *Методические и организационные основы проведения агроэкологического мониторинга в интенсивном земледелии* / под ред. Н. З. Милащенко. – М.: ВИУА. ВАСХНИЛ, 1991. – 354 с.
3. *Болотина В. В.* Агроэкологический мониторинг земель // *Агрохимический вестник*. – 1999. – № 3. – С. 18–21.
4. *Агробиологический цикл фосфора* / А. Л. Иванов [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 512 с.
5. *Соколов А. В.* Агрохимия фосфора. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 152 с.
6. *Антипина Л. П.* Подвижный фосфор в почвах Западной Сибири // *Химизация сельского хозяйства*. – 1988. – № 4. – С. 30–32.
7. *Сенькова Л. А.* Состояние почв агроландшафтов Южного Урала и пути их рационального использования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Челябинск, 2009. – 32 с.
8. *Динамика подвижного фосфора в почвах лесостепи Западной Сибири* / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт, О. А. Матвейчук // *Плодородие*. – 2020. – № 2. – С. 57–60.
9. *Почвы Челябинской области и их агролесомелиорации* / В. М. Кретинин [и др.]. – Челябинск, 2010. – 273 с.
10. *Brady N. C., Weil R. R.* The Nature and Properties of Soils. 13th ed. // New Jersey 07458 – Upper Saddle River. – 2002. – 960 p.
11. *Гинзбург К. Е.* Фосфор основных типов почв СССР. – М.: Наука, 1981. – 241 с.
12. *Кушниренко Ю. Д., Слепец О. Ф.* Фосфатно-калийный режим зональных почв // *Новые адаптивные технологии производства продукции земледелия и животноводства: сб. науч. тр.* – Миасс: Геотур, 2000. – С. 23–43.
13. *Кушниренко Ю. Д., Климов В. Я.* Плодородие почвы и пути его регулирования // *Система ведения агропромышленного производства Челябинской области на 1991–1995 гг.: рекомендации* / РАСХН. ЧНИИСХ. – Челябинск, 1991. – С. 77–89.
14. *Сравнительная оценка основных подтипов зональных почв Челябинской области* / А. В. Вражнов, В. Н. Брагин, Ю. Д. Кушниренко, Х. С. Юмашев, И. А. Захарова // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2009. – № 5. – С. 27–29.
15. *Юмашев Х. С., Захарова И. А.* Фосфатный режим черноземных почв Челябинской области // *Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз: материалы междунар. конф.* / под ред. В. Г. Сычева. – М.: ВНИИ агрохимии, 2019. – С. 406–410.
16. *Lecture Notes on the Major Soils of the World* / Paul Driessen, Jozef Deckers, Freddy Nachtergaele // *FAO of the United Nations*. – Rome, 2001. – P. 94.

REFERENCES

1. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya zemel'sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* (Guidelines for comprehensive monitoring of agricultural land fertility). Pod red. L. M. Derzhavina, D. S. Bulgakova. Moscow: MSKh RF, 2003. 196 p.

2. *Metodicheskie i organizatsionnye osnovy provedeniya agroekologicheskogo monitoringa v intensivnom zemledelii* (Methodological and organizational bases of agroecological monitoring in intensive agriculture). Pod red. N. Z. Milashchenko. Moscow: VIUA. VASKhNIL, 1991, 354 p.
3. Bolotina V. V. *Agrokhimicheskiiy vestnik*, 1999, No. 3, pp. 18–21. (In Russ.)
4. Ivanov A. L. [i dr.]. *Agrobiologicheskiiy tsikl fosfora* (Agrobiological cycle of phosphorus). Moscow: Rossel'khozakademiya, 2012, 512 p.
5. Sokolov A. V. *Agrokhimiya fosfora* (Agricultural chemistry of phosphorus). Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1950, 152 p.
6. Antipina L. P. *Khimizatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1988. No. 4, pp. 30–32. (In Russ.)
7. Sen'kova L. A. *Sostoyanie pochv agrolandshaftov Yuzhnogo Urala i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* (State of soils of agricultural landscapes of the southern Urals and ways of their rational use). Extended abstract of Doctor's thesis, Chelyabinsk, 2009, 32 p.
8. Krasnitskiy V. M., Bobrenko I. A., Shmidt A. G., Matveychuk O. A. *Plodorodie*, 2020, No. 2, pp. 57–60. (In Russ.)
9. Kretinin V. M. i dr. *Pochvy Chelyabinskoy oblasti i ikh agrolesomelioratsii* (Soils of the Chelyabinsk region and their agroforestry), Chelyabinsk, 2010, 273 p.
10. Brady N. C., Weil R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 13th ed. *New Jersey 07458*. Upper Saddle River, 2002, 960 p.
11. Ginzburg K. E. *Fosfor osnovnykh tipov pochv SSSR* (Phosphorus of the main types of soils in the USSR), Moscow: Nauka, 1981, 241 p.
12. Kushnirenko Yu. D., Slepets O. F. *Novye adaptivnye tekhnologii proizvodstva produktsii zemledeliya i zhivotnovodstva* (New adaptive technologies for agricultural and livestock production). Collection of proceedings. Miass: Geotur, 2000, pp. 23–43. (In Russ.)
13. Kushnirenko Yu. D., Klimov V. Ya. *Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Chelyabinskoy oblasti na 1991–1995 gg.* (System of agricultural production in the Chelyabinsk region for 1991–1995). RASKhN. ChNIISKh, Chelyabinsk, 1991, pp. 77–89. (In Russ.)
14. Vrazhnov A. V., Bragin V. N., Kushnirenko Yu. D., Yumashev Kh. S., Zakharova I. A. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2009. No. 5, pp. 27–29. (In Russ.)
15. Yumashev Kh. S., Zakharova I. A. *Plodorodie pochv Rossii: sostoyanie, tendentsii i prognoz* (Soil fertility in Russia: status, trends and forecast). Proceedings of the Conference Title, Moscow: VNII agrokhimii, 2019, pp. 406–410. (In Russ.)
16. Driessen Paul, Deckers Jozef, Nachtergaele Freddy. *Lecture Notes on the Major Soils of the World. FAO of the United Nations*, Rome, 2001, p. 94.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ГУСАР-ГОНАГКЕНДСКОГО КАДАСТРОВОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА

С. Ш. Исаева, аспирант

Бакинский государственный университет,
Баку, Азербайджан
E-mail: sema_13@mail.ru

Ключевые слова: плодородие почв, бонитировка, экологические шкалы, лимитирующие факторы, экологические баллы почв

Реферат. *Проведение научных исследований земельных ресурсов, разработка способов организации эффективного использования и охраны земель на основе экологической оценки почв служат созданию эколого-экономически сбалансированных высокоурожайных и устойчивых агроландшафтов, максимально адаптированных к местной экологической ситуации. По результатам анализов и математико-статистической обработки данных почвенно-полевых и лабораторных исследований, проведенных в Гусар-Гонагкендском кадастровом районе в 2014–2016 гг., а также фондовых и литературных почвенных материалов были определены бонитетные баллы почв исследуемой территории. По методикам Д. С. Булгакова, Г. Ш. Мамедова, С. З. Мамедовой разработаны специальные оценочные шкалы соответствия почв экологическим требованиям летних пастбищ, мезофитных лесов, многолетних насаждений, зерновых и овощных культур. На основе этих оценочных шкал была проведена экологическая оценка почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района, определены основные лимитирующие факторы, влияющие на плодородие почв, и рассчитаны экологические баллы почвенных подтипов исследуемой территории. В результате исследований было установлено, что лимитирующими факторами для почв высокогорной зоны Гусар-Гонагкендского кадастрового района являются крутизна склонов и показатели плодородия почв; для почв среднегорной зоны – крутизна склонов, сумма активных температур, показатели pH и гранулометрический состав; для почв низкогорной зоны – количество осадков и показатели плодородия почв. Наибольшие экологические баллы в высокогорной зоне получили горно-луговые черноземовидные почвы (93 балла), в среднегорной зоне – горно-лесные бурые типичные (89 баллов), в низкогорной зоне – горно-серо-коричневые темные и обыкновенные почвы (93 балла).*

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOILS IN THE GUSAR-GONAGKEND CADASTRAL REGION OF AZERBAIJAN

S.Sh. Isaeva, PhD student

Baku State University, Baku, Azerbaijan

Key words: soil fertility, appraisal, ecological scales, limiting factors, ecological soil scores.

Abstract. *The scientific research of land resources which develops the ways of organizing the effective use and protection of lands based on the ecological assessment of soils serve to create ecologically and economically balanced high-yielding and sustainable agricultural landscapes, maximally adapted to the local ecological situation. The soil bonitet scores of the studied territory were determined according to the results of analyzes and mathematical and statistical processing of data from soil-field and laboratory studies carried out in the Gusar-Gonagkend cadastral region in 2014–2016.*

Fund and literary soil materials have also influences the results. According to the methods of D.S. Bulgakov, G.Sh. Mamedova and S.Z. Mamedova special assessment scales for the compliance of soils with the ecological requirements of summer pastures, mesophytic forests, perennial plantations, grain and vegetable crops were developed. On the basis of these rating scales, an ecological assessment of the soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region was carried out. The main limiting factors affecting soil fertility were determined, and the ecological scores of the soil subtypes of the study area were calculated. As a result of the research, it was found that the limiting factors for the soils of the high-mountainous zone of the Gusar-Gonagkend cadastral region are the steepness of slopes and soil fertility indicators; for soils of the mid-mountain zone - the steepness of slopes, the sum of active temperatures, pH values and particle size distribution; for the soils of the low-mountain zone - the amount of precipitation and indicators of soil fertility. The highest ecological points in the high-mountainous zone were obtained by mountain-meadow black soil-like soils (93 points), in the middle-mountain zone - mountain-forest brown typical (89 points), in the low-mountain zone - mountain-gray-brown dark and ordinary soils (93 points).

Научное направление «экология почв» зародилось в почвоведении в 50–60-х гг. прошлого столетия в связи с усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе и почвенный покров, и обострением экологических проблем, связанных с землепользованием. С начала 90-х гг. прошлого века научное направление «экологическая оценка почв» развивалось в рамках науки «экология почв», создавались научно-теоретические основы и методология этой области почвоведения [1].

Впервые в бывшем Советском Союзе был введен в почвоведение термин «экология почв» и разработаны ее научно-теоретические принципы выдающимся ученым-почвоведом нашей республики академиком В.Р. Волобуевым [2]. В начале 90-х гг. XX в. академик Г.Ш. Мамедов разработал научно-теоретические и методологические основы экологической оценки земель [1].

В начале XXI в., по мере развития экологии почв как научного направления, возникла необходимость разработки новых концепций и методов в области экологической оценки почв [3]. Исследования по экологической оценке земель в нашей республике проводились по методике Г.Ш. Мамедова до 2005 г., а затем С.З. Мамедовой [4] была предложена новая концепция в этой области. Методология С.З. Мамедовой была более совершенна, потому что в предыдущих исследованиях при оценке почвенно-экологи-

ческих параметров земель в соответствии с экологическими требованиями использовались категории «высокое», «хорошее», «среднее», «низкое», выражающие качество, а здесь была использована система баллов. Была предложена формула для расчета экологических баллов почв на основе отношения растения к степени проявления какого-либо признака почвы. В настоящее время во всем мире проводятся многочисленные исследования в этом направлении и совершенствуются методологические подходы к оценке экологического состояния почв [5–13].

Цель исследований – проведение экологической оценки почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района для создания высокоурожайных и устойчивых агроландшафтов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись почвы Гусар-Гонагкендского кадастрового района, общая площадь которого составляет 453932 га. В ходе исследований были использованы материалы по почвенному покрову данного района, фондовые и литературные материалы Института почвоведения и агрохимии НАНА, почвенная карта северо-восточного склона Большого Кавказа ИПиА НАНА (1997) в масштабе 1 : 100000, фондовые материалы и отчеты о почвенных исследованиях Азгипрозема, а также результаты почвенно-полевых и лабо-

раторных исследований, проведенных нами в 2014–2016 гг. [14, 15].

Исследования по экологической оценке земель Гусар-Гонагкендского кадастрового района проводились в соответствии с методиками Д. С. Булгакова [3], Г. Ш. Мамедова [1], С. З. Мамедовой [4] в следующей последовательности:

1. Выявление основных почвенно-экологических факторов, влияющих на плодородие земель Гусар-Гонагкендского кадастрового района, и проведение математико-статистического анализа для уточнения достоверности полученных данных.

2. Проведение качественной оценки почв кадастрового района, разработка основной бонитетной шкалы.

3. Разработка специальных оценочных шкал по степени проявления отдельных признаков почв в соответствии с экологическими требованиями растений.

4. Расчет экологических баллов почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района.

В соответствии с методологией для расчета экологических баллов почв использовалась следующая формула, в которой параметры той или иной характеристики почвы сравниваются со специальными оценочными шкалами степени проявления этих характеристик и получается значение, выраженное в баллах [4]:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n) + B_n + (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n)}{S_n},$$

где, $\mathcal{E}_n$ – экологический балл конкретной почвы;

$c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ – показатели факторов среды, участвующих в оценке, выраженные в баллах;

B_n – бонитетный балл почв, найденный на основе основных диагностических показателей почвы (гумус, азот, фосфор, сумма поглощенных оснований);

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ – показатели других почвенных факторов, участвующих в оценке, выраженные в баллах;

S_n – количество эколого-оценочных критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гусар-Гонагкендский кадастровый район расположен на северо-восточном склоне Большого Кавказа и имеет сложные рельефные, климатические, геологические, гидрологические и растительные особенности. Большое разнообразие природных и экологических условий усложнило процесс генетического формирования и географического распределения почв на территории данного района, что, в свою очередь, привело к разнообразию почвенного покрова [14].

На основе результатов почвенно-полевых исследований, проведенных на территории района, а также составленной нами почвенной карты было установлено, что в соответствии с законом вертикальной зональности на территории распространены разновидности горно-луговых, горно-лесных бурых, горно-коричневых, горно-серо-коричневых и аллювиально-луговых почв [15].

В соответствии с методикой сначала был определен уровень плодородия почв объекта исследований, затем проведена качественная оценка земель, составлена бонитетная шкала, где в качестве эталона были взяты горно-луговые черноземовидные почвы для высокогорной зоны, горно-лесные бурые остаточнокорбонатные почвы для средне- и низкогорной зоны и по ним были определены показатели качества других земель. Ниже приведена основная бонитетная шкала почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района (табл. 1).

На следующем этапе были разработаны специальные оценочные шкалы по степени проявления отдельных признаков почв в соответствии с экологическими требованиями растений. Следует отметить, что экологическая оценка почв проводится с использованием специально разработанных экологических шкал, которые предоставляют дифференцированную информацию о различных параметрах условий окружающей среды. Экологические шкалы включают данные по рельефу и почвообразующим породам, геологии, климатическим и гидрологическим условиям, почвенному покрову, растительности и т. д.

Таблица 1

Основная бонитетная шкала почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района
The general bonitet scale of soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region

Наименование почв	Гумус, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$			Азот, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Фосфор, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Сумма поглощенных оснований, $\frac{\text{мг-экв} / 100 \text{ г почвы}}{\text{балл}}$		Балл бонитета
	Слой почвы, см									
	0–20	0–50	0–100	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50	
Почвы высокогорной зоны										
Горно-луговые черноземовидные	<u>124,93</u> 100	<u>281,84</u> 100	<u>313,95</u> 100	<u>7,13</u> 100	<u>16,64</u> 100	<u>4,35</u> 100	<u>9,38</u> 100	<u>42,85</u> 100	<u>37,75</u> 100	100
Горно-луговые дерново-торфянистые	<u>122,50</u> 98	<u>266,76</u> 95	-	<u>6,96</u> 98	<u>16,64</u> 100	<u>3,83</u> 88	<u>8,84</u> 81	<u>39,37</u> 92	<u>33,25</u> 88	93
Горно-луговые дерновые	<u>96,22</u> 77	<u>222,56</u> 79	-	<u>5,57</u> 78	<u>13,0</u> 78	<u>3,31</u> 76	<u>7,28</u> 67	<u>34,13</u> 80	<u>30,71</u> 81	77
Горно-луговые примитивные	<u>53,42</u> 43	<u>135,2</u> 48	-	<u>3,83</u> 54	<u>9,88</u> 59	<u>2,44</u> 56	<u>5,72</u> 53	<u>20,29</u> 47	<u>19,01</u> 50	52
Горно-луговые остепненные	<u>87,62</u> 70	<u>165,88</u> 59	<u>128,80</u> 41	<u>5,39</u> 76	<u>13,0</u> 78	<u>3,65</u> 84	<u>7,28</u> 67	<u>31,17</u> 73	<u>27,10</u> 72	62
Горно-лугово-лесные	<u>93,61</u> 75	<u>192,92</u> 68	<u>204,70</u> 65	<u>6,44</u> 90	<u>14,04</u> 84	<u>4,35</u> 100	<u>9,88</u> 90	<u>34,87</u> 81	<u>33,59</u> 89	79
Горно-лесные дерново-карбонатные	<u>120,06</u> 96	<u>245,44</u> 87	<u>277,15</u> 88	<u>7,13</u> 100	<u>16,12</u> 97	<u>4,35</u> 100	<u>10,00</u> 107	<u>32,45</u> 76	<u>29,15</u> 77	91
Почвы средне- и низкогорной зоны										
Горно-лесные бурые остаточно-карбонатные	<u>138,92</u> 100	<u>180,32</u> 100	<u>259,86</u> 100	<u>8,36</u> 100	<u>15,12</u> 100	<u>5,92</u> 100	<u>11,76</u> 100	<u>37,14</u> 100	<u>29,17</u> 100	100
Горно-лесные бурые типичные	<u>94,45</u> 68	<u>179,38</u> 99	<u>245,11</u> 94	<u>6,12</u> 73	<u>11,76</u> 78	<u>4,90</u> 83	<u>11,20</u> 95	<u>31,07</u> 84	<u>24,67</u> 85	87
Горно-коричневые типичные	<u>92,75</u> 67	<u>174,38</u> 97	<u>229,87</u> 88	<u>5,19</u> 62	<u>11,25</u> 74	<u>4,48</u> 76	<u>10,63</u> 90	<u>34,01</u> 92	<u>30,62</u> 104	84
Горно-коричневые карбонатные	<u>84,02</u> 60	<u>136,88</u> 76	<u>162,56</u> 63	<u>4,96</u> 59	<u>10,0</u> 66	<u>4,25</u> 72	<u>9,38</u> 80	<u>31,03</u> 84	<u>25,67</u> 88	70
Горно-коричневые луговые	<u>89,92</u> 56	<u>161,88</u> 90	<u>217,17</u> 84	<u>4,87</u> 58	<u>11,34</u> 75	<u>4,64</u> 78	<u>11,34</u> 96	<u>33,65</u> 91	<u>28,05</u> 96	81
Горно-коричневые остепненные	<u>73,04</u> 53	<u>121,61</u> 67	<u>166,40</u> 64	<u>4,44</u> 53	<u>9,07</u> 60	<u>3,77</u> 64	<u>9,07</u> 77	<u>27,45</u> 74	<u>24,26</u> 83	66
Горно-серо-коричневые темные	<u>88,30</u> 64	<u>180,6</u> 100	<u>183,48</u> 71	<u>5,95</u> 71	<u>13,55</u> 90	<u>5,24</u> 89	<u>12,26</u> 104	<u>31,04</u> 84	<u>29,74</u> 102	82
Горно-серо-коричневые обыкновенные	<u>72,83</u> 52	<u>123,84</u> 69	<u>134,64</u> 52	<u>5,47</u> 65	<u>12,26</u> 81	<u>4,76</u> 80	<u>10,32</u> 88	<u>29,32</u> 79	<u>27,51</u> 94	68
Горно-серо-коричневые светлые	<u>61,40</u> 44	<u>93,53</u> 52	<u>126,72</u> 49	<u>4,28</u> 51	<u>10,32</u> 68	<u>4,05</u> 68	<u>9,03</u> 77	<u>23,85</u> 64	<u>23,46</u> 80	58
Горно-серо-коричневые луговые	<u>72,62</u> 52	<u>128,96</u> 72	<u>135,20</u> 52	<u>5,8</u> 69	<u>12,4</u> 82	<u>4,08</u> 71	<u>9,3</u> 79	<u>29,97</u> 81	<u>29,30</u> 100	68
Аллювиально-луговые	<u>69,83</u> 50	<u>156,83</u> 87	<u>205,74</u> 79	<u>4,92</u> 59	<u>11,43</u> 76	<u>4,43</u> 75	<u>10,16</u> 86	<u>20,78</u> 56	<u>18,82</u> 65	73

Более точную информацию о роли отдельных факторов окружающей среды можно получить с помощью экологических шкал, которые обеспечивают сравнительную оценку состояния окружающей среды на основе объективных показателей и облегчают экологический

анализ района исследования. Экологические шкалы отражают результаты многолетних исследований, проведенных разными учеными, и даже молодые специалисты могут использовать эти шкалы, чтобы дать точное экологическое описание исследуемых объектов [1].

Согласно методике, была разработана оценочная шкала по степени проявления отдельных признаков почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района в соответствии с экологическими требованиями летних пастбищ,

мезофитных лесов, многолетних насаждений, зерновых и овощных культур (табл. 2).

При вычислении экологических баллов земель Гусар-Гонагкендского кадастрового района были использованы три группы данных:

Таблица 2

Специальная оценочная шкала по степени проявления отдельных признаков почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района в соответствии с экологическими требованиями растений
Special grading scale according to the degree of manifestation of individual soil characteristics of the Gusar-Gonagkend cadastral region according to the ecological requirements of plants

Показатели	Растительные формации				
	летние пастбища	мезофитные леса	многолетние насаждения	зерновые культуры	овощные культуры
1	2	3	4	5	6
<i>По высоте местности, м</i>					
0–200	-	-	90	100	100
200–500	-	-	100	100	90
500–1000	70	80	100	90	80
1000–1500	90	100	80	80	50
1500–2000	100	100	60	60	30
2000–2500	100	80	-	-	-
<i>По сумме температур выше 10 °С</i>					
<1500	100	100	<50	<50	<40
1500–2500	90	90	60	60	60
2500–3500	80	80	70	90	70
3500–4500	60	50	90	100	100
>4500	-	-	100	100	100
<i>По количеству осадков, мм</i>					
<200	-	-	50	40	40
200–300	-	-	80	60	70
300–500	30	30	90	80	80
500–700	50	50	100	90	90
700–1000	80	80	90	100	100
1000–1500	100	100	80	80	90
>1500	80	90	50	60	40
<i>По показателю увлажнения (Md)</i>					
>0,45	100	90	40	50	40
0,35–0,45	100	100	50	90	90
0,25–0,35	80	70	80	100	90
0,15–0,25	60	50	100	100	100
0,10–0,15	-	-	100	100	90
<0,10	-	-	80	70	50
<i>По значению pH</i>					
4–5	80	80	-	40	50
5–6	100	100	40	70	80
6–7	100	100	80	100	100
7–8	80	80	100	100	90
8–9	40	60	90	90	60
<i>По гранулометрическому составу, %</i>					
20–30	80	90	90	95	90
30–40	90	100	100	100	100
40–50	100	90	100	100	90
50–60	80	80	80	80	80
60–70	70	60	60	70	60

1	2	3	4	5	6
<i>По степени засоления, %</i>					
<0,10	-	-	100	100	100
0,10–0,25	-	-	80	90	90
0,25–0,50	-	-	70	80	70
0,50–1,00	-	-	60	60	50
1,00–2,00	-	-	20	20	20
>2,00	-	-	-	<20	-
<i>По крутизне склонов, град. [4]</i>					
0–3	100				
3–10	100–83				
10–15	83–70				
15–20	70–58				
20–25	58–45				
25–30	45–33				
30–35	33–20				

1. Факторы среды, формирующие почву и ее плодородие (высота местности; крутизна склонов; осадки; показатель Md; сумма температур выше 10°C).

2. Баллы бонитета, вычисленные на основе стабильных диагностических показателей почв.

3. Другие показатели почвы (рН, гранулометрический состав, засоление), которые не были приняты в качестве критериев для оценки почвы.

С использованием всех трех групп показателей была составлена экологическая шкала почв, распространенных на исследуемой территории, с учетом экологических требований основных растительных формаций (табл. 3).

Как видно из табл. 3, в исследуемом районе распространены 17 почвенных подтипов, относящихся к разным зональным зонам; 6 из них относятся к высокогорным горно-луговым почвам, а 11 – к лесным почвам среднегорья, горно-степным почвам нижнегорья и интразональным почвам.

Основываясь на составленной шкале, можно утверждать, что факторы среды и почвенные факторы повлияли на бонитетные баллы почв и изменили их; например у горно-луговых черноземовидных почв большинство экологических и почвенных показателей находятся в оптимальном состоянии, только высокая крутизна склонов (45 баллов) стала лимитирующим фактором для летних пастбищ

в этом районе, что привело к снижению экологического балла (93 балла) по сравнению с бонитетным, для горно-луговых дерновых почв также крутизна склонов явилась лимитирующим фактором, влияющим на экологический балл, и т.д.

В результате исследований установлено, что для горно-луговых почв высокогорной зоны Гусар-Гонагкендского кадастрового района из факторов среды – крутизна склонов (33–45 баллов) а из почвенных факторов – показатели плодородия почв (гумус, азот, фосфор, суммарные поглощенные основания) (52–86 баллов) были признаны основными лимитирующими факторами.

Для мезофитных лесов среднегорья лимитирующими оказались из факторов среды – крутизна склонов (58 баллов) и сумма активных температур (80–90 баллов), а из почвенных факторов – показатель рН (80 баллов) и гранулометрический состав (80–90 баллов).

Основными лимитирующими факторами среды для многолетних насаждений, зерновых и овощных культур, выращиваемых на низкогорных почвах, явились количество осадков (80–90 баллов) и показатели плодородия почв (58–82 балла). Основными ограничивающими факторами для выращивания овощей на аллювиально-луговых почвах, которые являются интразональными почвами, будут количество осадков (70 баллов), Md (90 баллов) и показатели плодородия почв (73 балла).

Таблица 3

Экологическая оценка почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района
Environmental assessment of soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region

Наименование почв	Высо-та, м	Кру-тизна скло-нов, град.	Сумма темпе-ратур выше 10°C	Осад-ки, мм	Показа-тель увлаж-нения Md	Бони-тетный балл	pH	Грануло-метри-ческий состав, <0,01 мм, %	Плот-ный оста-ток, %	Эколо-гический балл
Почвы высокогорной зоны										
<i>Летние пастбища</i>										
Горно-луговые дерново-торфянистые	<u>2100</u> 100	<u>25</u> 45	<u>1500</u> 100	<u>1200</u> 100	<u>0,40</u> 100	100	<u>6,9</u> 100	<u>44,81</u> 100	-	93
Горно-луговые дерновые	<u>2500</u> 100	<u>25</u> 45	<u>1200</u> 100	<u>1400</u> 100	<u>0,45</u> 100	93	<u>6,0</u> 100	<u>40,55</u> 100	-	92
Горно-луговые примитив-ные	<u>2600</u> 100	<u>30</u> 33	<u>1100</u> 100	<u>1500</u> 80	<u>0,45</u> 100	52	<u>6,1</u> 100	<u>36,14</u> 100	-	82
Горно-луговые остепнен-ные	<u>2100</u> 100	<u>25</u> 45	<u>1600</u> 90	<u>1100</u> 100	<u>0,40</u> 100	67	<u>7,4</u> 80	<u>48,69</u> 100	-	85
Горно-лугово-лесные	<u>1900</u> 100	<u>25</u> 45	<u>1800</u> 90	<u>1000</u> 100	<u>0,35</u> 100	86	<u>7,2</u> 80	<u>45,48</u> 100	-	87
Почвы средне- и низкогорной зоны										
<i>Мезофитные леса</i>										
Горно-лесные бурые оста-точно-карбонатные	<u>1500</u> 100	<u>20</u> 58	<u>2200</u> 90	<u>1000</u> 100	<u>0,40</u> 100	100	<u>7,4</u> 80	<u>51,83</u> 100	-	88
Горно-лесные бурые ти-пичные	<u>1500</u> 100	<u>20</u> 58	<u>2500</u> 80	<u>1000</u> 100	<u>0,40</u> 100	87	<u>6,9</u> 100	<u>47,18</u> 90	-	89
Многолетние насаждения										
Горно-коричневые типич-ные	<u>900</u> 100	<u>15</u> 70	<u>3500</u> 90	<u>800</u> 90	<u>0,35</u> 80	84	<u>6,7</u> 80	<u>42,04</u> 100	-	87
Горно-коричневые карбо-натные	<u>800</u> 100	<u>12</u> 83	<u>3800</u> 90	<u>700</u> 90	<u>0,35</u> 80	70	<u>7,2</u> 100	<u>49,77</u> 100	-	89
Горно-коричневые луго-вые	<u>800</u> 100	<u>10</u> 83	<u>3500</u> 90	<u>700</u> 90	<u>0,35</u> 80	81	<u>7,4</u> 100	<u>47,82</u> 100	-	91
Горно-коричневые остеп-ненные	<u>700</u> 90	<u>10</u> 83	<u>3800</u> 100	<u>700</u> 90	<u>0,30</u> 100	66	<u>7,4</u> 100	<u>52,61</u> 100	-	89
Зерновые культуры										
Горно-серо-коричневые темные	<u>600</u> 90	<u>10</u> 83	<u>4000</u> 100	<u>600</u> 90	<u>0,30</u> 100	82	<u>7,5</u> 100	<u>42,80</u> 100	<u>0,15</u> 90	93
Горно-серо-коричневые обыкновенные	<u>500</u> 90	<u>5</u> 100	<u>4000</u> 100	<u>600</u> 90	<u>0,30</u> 100	68	<u>7,9</u> 100	<u>46,58</u> 100	<u>0,18</u> 90	93
Горно-серо-коричневые светлые	<u>400</u> 90	<u>5</u> 100	<u>4200</u> 100	<u>500</u> 80	<u>0,25</u> 100	58	<u>8,1</u> 90	<u>55,36</u> 100	<u>0,21</u> 90	89
Овощные культуры										
Горно-серо-коричневые луговые	<u>300</u> 90	<u>3</u> 100	<u>4200</u> 100	<u>500</u> 80	<u>0,25</u> 100	68	<u>7,9</u> 90	<u>43,64</u> 90	<u>0,18</u> 90	90
Аллювиально-луговые	<u>150</u> 100	<u>2</u> 100	<u>4200</u> 100	<u>500</u> 80	<u>0,25</u> 100	73	<u>7,2</u> 90	<u>38,51</u> 100	<u>0,20</u> 90	92

Примечание. В числителе – показатели факторов среды и почвы; в знаменателе – баллы этих показателей, полученные по оценочным шкалам

ВЫВОДЫ

1. Проведена бонитировка почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района, составлена основная бонитетная шкала, где в качестве эталонных почв (100 баллов) были выбраны горно-луговые черноземовидные почвы для высокогорной зоны и горно-лесные бурые остаточно-карбонатные почвы для средне- и низкогорной зоны.

2. Разработана специальная оценочная шкала по степени проявления отдельных признаков почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района в соответствии с экологическими

требованиями летних пастбищ, мезофитных лесов, многолетних насаждений, зерновых и овощных культур.

3. Экологическая оценка почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района проводилась с использованием специальных оценочных шкал, были определены основные лимитирующие факторы, влияющие на плодородие изучаемых почв, и рассчитаны экологические баллы почв. Наилучшую экологическую оценку (93 балла) получили горно-луговые черноземовидные почвы высокогорной зоны и горно-серо-коричневые темные и обыкновенные почвы низкогорной зоны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мамедов Г. Ш. Карта экологической оценки почв Азербайджана и ее значение. – Баку: АЗНИИТИ, 1992. – 25 с.
2. Волобуев В. Р. Экология почв. – Баку, 1963. – 259 с.
3. Булгаков Д. С. Агроэкологическая оценка пахотных почв. – М., 2002. – 250 с.
4. Мамедова С. З. Экологическая оценка и мониторинг почв Ленкоранской области Азербайджана. – Баку: Наука, 2006. – 370 с.
5. Карпенко Н. П., Сейтказиев А. С., Маймакова А. К. Экологическая оценка деградации сероземно-луговых почв Жамбылской области // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12. – С. 125–132. – DOI: 10.18454/IRJ.2016.54.153
6. Галактионова Л. В., Суздалева А. В. Экологическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий методами биодиагностики [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 4. – Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26560>.
7. Добротворская Н. И. Методические и методологические аспекты изучения структуры почвенного покрова для целей агроэкологической оценки земель // Почвенные ресурсы Сибири: Вызовы XXI века: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-летию Р. В. Ковалева, 4–8 дек. 2017 г. – Новосибирск, 2017. – С. 262–265. – DOI: 10.17223/9785946216463/60.
8. Мартынова Н. А., Пушкарева В. С. Экологическая устойчивость почв лесных ландшафтов г. Иркутска и его окрестностей // Почвы и окружающая среда. – 2019. – № 1 (2). – С. 48. – DOI: 10.31251/pos.v2i1.48
9. *Environmental impact assessment of perennial crops cultivation on marginal soils in the Mediterranean Region* / A. L. Fernando, J. Costa, B. Barbosa [et al.] // Biomass and Bioenergy. – 2018. – Vol. 111. – P. 174–186. – DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.04.005.
10. Ravansari R., Wilson S. C., Tighe M. Portable X-ray fluorescence for environmental assessment of soils: Not just a point and shoot method // Environment International. – 2020. – Vol. 134. – P. 105–250. – DOI: 10.1016/j.envint.2019.105250.
11. *Dynamic Assessment of Soil Water Erosion in the Three-North Shelter Forest Region of China from 1980 to 2015* / C. Ji, X. Li, Y. Jia, L. Wang // Eurasian Soil Science. – 2018. – Vol. 51. – P. 1533–1546. – DOI: 10.1134/S1064229318120050.
12. Mamedov G. Sh., Shabanov J. A., Kholina T. A. Ecological assessment of soils in high-mountain landscapes of northeastern part of the Greater Caucasus (Azerbaijan) // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50 (5). – P. 630–635. – DOI: 10.1134/S1064229317050118/

13. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the Ecological Status and Loss of Productivity of Arid Pasture Ecosystems of the Sarpa Lowland // *Arid Ecosystems*. – 2019. – Vol. 9 (4). – P. 273–281. – DOI:10.1134/S2079096119040097.
14. Бабаев М.П., Джафаров А.М., Джафарова Ч.М. Современный почвенный покров Большого Кавказа. – Баку: Наука, 2017. – 188 с.
15. Исаева С.Ш. Земельный фонд Гусар-Гонагкендского кадастрового района // Молодой исследователь. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 103–108.

REFERENCES

1. Mamedov G. Sh. *Karta ekologicheskoy ocenki pochv Azerbajdzhana i ee znachenie* (Map of environmental assessment of soils of Azerbaijan and its significance), Baku: AzNIINTI, 1992, 25 p. (In Azerb.)
2. Volobuev V. R. *Ekologiya pochv*. (Soil ecology), Baku, 1963, 259 p. (In Russ.)
3. Bulgakov D. S. *Agroekologicheskaya ocenka pakhotnykh pochv*. (Agroecological assessment of arable soils), Moscow, 2002, 250 p. (In Russ.)
4. Amedova S. Z. *Ekologicheskaya ocenka i monitoring pochv Lenkoranskoj oblasti Azerbajdzhana*. (Ecological assessment and monitoring of soils of Lankaran region of Azerbaijan), Baku: Nauka, 2006, 370 p. (In Azerb.)
5. Karpenko N. P., Sejtkaev A. S., Majmakova A. K. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2016, No. 12, pp. 125–132. DOI: 10.18454/IRJ.2016.54.153 (In Russ.)
6. Galaktionova L. V., Suzdaleva A. V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2017, No. 4, available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26560> (In Russ.)
7. Dobrotvorskaya N. I. *Pochvennye resursy Sibiri: Vyzovy XXI veka* (Soil resources of Siberia: Challenges of the XXI century), Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 110th anniversary of R. V. Kovalev, 04–08 December 2017, Novosibirsk, 2017, pp. 262–265. DOI: 10.17223/9785946216463/60 (In Russ.)
8. Martynova N. A., Pushkareva V. S. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda*, 2019, No. 1 (2), pp. 48. DOI: 10.31251/pos.v2i1.48 (In Russ.)
9. Fernando A. L., Costa J., Barbosa B., et al. Environmental impact assessment of perennial crops cultivation on marginal soils in the Mediterranean Region, *Biomass and Bioenergy*, 2018, Vol. 111, pp. 174–186. DOI:10.1016/j.biombioe.2017.04.005
10. Ravansari R., Wilson S. C., Tighe M. Portable X-ray fluorescence for environmental assessment of soils: Not just a point and shoot method, *Environment International*, 2020, Vol. 134, pp. 105–250. DOI:10.1016/j.envint.2019.105250.
11. Ji C., X. Li, Y. Jia & L. Wang. Dynamic Assessment of Soil Water Erosion in the Three-North Shelter Forest Region of China from 1980 to 2015, *Eurasian Soil Science*, 2018, Vol. 51, pp. 1533–1546. DOI:10.1134/S1064229318120050.
12. Mamedov G. Sh., Shabanov J. A., Kholina T. A. Ecological assessment of soils in high-mountain landscapes of northeastern part of the Greater Caucasus (Azerbaijan), *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol. 50 (5), pp. 630–635. DOI:10.1134/S1064229317050118.
13. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the Ecological Status and Loss of Productivity of Arid Pasture Ecosystems of the Sarpa Lowland, *Arid Ecosystems*, 2019, Vol. 9 (4), pp. 273–281. DOI:10.1134/S2079096119040097.
14. Babaev M. P., Dzhaferov A. M., Dzhaferova CH. M. *Sovremennyy pochvennyj pokrov Bol'shogo Kavkaza*. (Modern soil cover of the Greater Caucasus). Baku: Nauka, Science, 2017, 188 p. (In Azerb.)
15. Isaeva S. SH. *Molodoj issledovatel*», 2018, Vol. 4, No. 2, pp. 103–108 (In Azerb.)

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА ПО ВЫХОДУ И КАЧЕСТВУ ДЛИННОГО ВОЛОКНА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЛЬНОТРЕСТЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Т. А. Кудряшова, кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник

Т. А. Виноградова, старший научный сотрудник

Н. Н. Козьякова, научный сотрудник

Федеральный научный центр лубяных культур,
Торжок, Россия

E-mail: vniil.sekretar@mail.ru

Ключевые слова: сорт, лен-долгунец, льнотреста, выход длинного волокна, номер длинного волокна, производство, переработка, потенциал

Реферат. Представлены сравнительные данные по количеству (выходу) и качеству (номеру) длинного волокна, полученного из льнотресты сортов льна-долгунца зарубежного и отечественного происхождения, при проведении контрольных разработок по традиционной технологии на льноперерабатывающих предприятиях Российской Федерации. Проведена рейтинговая оценка сортов по этим признакам для льнотресты низкого (номера 0,50–0,75) и более высокого качества (номера 1,00 и выше) в соответствии с существующей градацией разделения льнотресты на две качественные группы. Установлено, что сорта отечественного происхождения как по выходу длинного волокна (средний индекс 14,6), так и по номеру (средний индекс 15,6) из низкокачественной льнотресты уступают зарубежным со средними индексами 12,2 и 11,8 соответственно. Длинное волокно, полученное из высококачественной льнотресты отечественных сортов, характеризуется большим выходом (средний индекс 13,9) и лучшим качеством (средний индекс 14,6). У зарубежных сортов средний индекс равен: по выходу длинного волокна – 18,0, по номеру – 16,0. Для того чтобы определить, насколько в производственной практике реализуются потенциальные возможности, заложенные в сортах, по выходу длинного волокна, был проведен сравнительный анализ по этому признаку данных госсортоиспытания и результатов контрольных разработок. Отмечена крайне низкая степень реализации, которая у лучших сортов составляет немногим больше 50 %. Большой выход длинного волокна в производственных условиях получен из высококачественной льнотресты сортов отечественной селекции: *Альфа, Алексим, Ленок, Тост, Сурский, Александрит.*

COMPETITIVENESS OF DOMESTIC VARIETIES OF FIBER FLAX IN TERMS OF YIELD AND QUALITY OF LONG FIBER WHEN PROCESSING FLAX UNDER MODERN PRODUCTION CONDITIONS

T.A. Kudriashova, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

T.A. Vinogradova, Senior Researcher

N.N. Koziakova, Researcher

Federal Scientific Center for Bast Crops, Torzhok, Russia

Key words: variety, fiber flax, flax, long fiber yield, long fiber number, production, processing, potential.

Abstract. Comparative data on the quantity (yield) and quality (number) of long fiber obtained from flax of fiber flax varieties of foreign and domestic origin are presented during control devel-

opments using traditional technology at flax processing enterprises of the Russian Federation. A rating assessment of varieties according to these characteristics for flax trees of low (numbers 0.50–0.75) and higher quality (numbers 1.00 and higher) was carried out according to the existing gradation of division of flax trees into two qualitative groups. It was found that varieties of domestic origin, both in terms of long fiber yield (average index 14.6) and number (average index 15.6) from low-quality flax stands, are inferior to foreign varieties with average indexes of 12.2 and 11.8, respectively. Long fiber obtained from high-quality flax straw of domestic varieties is characterized by a high yield (average index 13.9) and better quality (average index 14.6). For foreign varieties, the average index is: for long fiber yield - 18.0, for number - 16.0. In order to determine the extent to which the potentialities inherent in the varieties in terms of the yield of long fiber are realized in production practice, a comparative analysis was carried out. The results are revealed by means of state test data and the results of control developments. An extremely low degree of implementation was noted. For the best varieties it is slightly more than 50%. A large yield of long fiber under production conditions was obtained from high-quality flax trees of domestic breeding varieties, such as Alfa, Aleksim, Lenok, Tost, Sursky and Alexandrite.

Важным условием эффективности современного льноводства является постоянное улучшение качества льноволокнистой продукции собственного производства. Решение этой задачи неразрывно связано с проблемой импортозамещения семян зарубежных сортов льна-долгунца семенами отечественного происхождения. Возделывание сортов отечественной селекции, характеризующихся высокой продуктивностью и удовлетворяющих требованиям текстильной промышленности, в первую очередь по качественным параметрам, будет способствовать созданию конкурентоспособной продукции как на внешнем, так и на внутреннем рынке [1].

Качество волокнистой продукции при первичной переработке льнотресты на льноперерабатывающих предприятиях определяется совокупностью признаков, среди которых наиболее значимыми являются количество (выход) и качество (номер) длинного волокна. При организации типового технологического процесса стремятся к получению максимального количества длинного волокна, обладающего хорошим качеством [2, 3].

В Российской Федерации до настоящего времени возделываются и отечественные, и зарубежные сорта [4, 5]. Учитывая ориентацию сельхозпроизводителей и льноперерабатывающих предприятий на импортоза-

мещение, приобретает особую актуальность характеристика сортов льна-долгунца отечественной селекции в сравнении с сортами зарубежной селекции по итогам переработки с позиции получения длинного волокна с определенными качественными характеристиками. Потенциальные возможности сортов в отношении не только общего выхода [6–8], но и выхода длинного волокна, установленные в ходе государственного сортоиспытания, достаточно высоки, однако в условиях производства они реализуются далеко не полностью.

В связи с этим сравнительный анализ поведения отечественных и зарубежных сортов при получении длинного волокна из разнокачественной льнотресты на технологическом оборудовании льноперерабатывающих предприятий позволяет получить объективную и достоверную информацию о технологической ценности льносырья, пользуясь которой, сельхозпроизводитель получит возможность выбора конкурентоспособного для возделывания и переработки сорта с точки зрения получения высококачественной волокнистой продукции.

Цель исследований заключалась в сравнительном анализе результатов переработки отличающейся по качеству льнотресты различных сортов льна-долгунца зарубежной и отечественной селекции в типовом

технологическом процессе по выходу и качеству длинного волокна для выявления конкурентоспособных отечественных сортов в отношении указанных признаков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись льнотреста сортов льна-долгунца отечественного и зарубежного происхождения и длинное волокно, полученное при ее переработке на производственном оборудовании льноперерабатывающих предприятий.

При проведении исследований руководствовались специальной методической программой, в которой приведены требования по проведению контрольных разработок льнотресты на технологическом оборудовании льноперерабатывающих предприятий. В соответствии с данной программой определялись такие признаки, как общий выход волокна, выход длинного и короткого волокна, номер длинного волокна [9–13]. При этом учитывались данные госсортоиспытания.

Госсортоиспытания проводились на посевных площадях сортоучастков, находящихся в различных регионах Российской Федерации: Тотемском, Городецком Вологодской области, Мантуровском Костромской области, Руднянском Смоленской области, Маслянинском Новосибирской области, Тверском, Ленинском, Бежецком Тверской области, Тарском Омской области и др.

Контрольные разработки льнотресты проходили на технологическом оборудовании льноперерабатывающих предприятий Псковской, Смоленской, Тверской, Костромской областей при оптимальных режимах обработки. Для разработок было подготовлено более 500 партий льнотресты различного качества 12 сортов зарубежной и 18 сортов отечественной селекции. Основным критерием при подборе оптимального режима и производительности

оборудования являлся выход длинного волокна [14].

Расчеты по выходу длинного и короткого волокна велись отдельно для каждой партии льнотресты при кондиционной засоренности и влажности. Качество льнотресты и волокна определяли по ГОСТ 2975–73. Треста льняная, ГОСТ 24383–89. Треста льняная. Требования при заготовках, изменению № 4 ГОСТ 10330–76. Лен трепанный. Обработку результатов испытаний проводили с помощью методов математической статистики [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка нормативов перевода в волокно льнотресты сортов различного происхождения проводилась начиная с 2000 г. По результатам контрольных разработок (2000–2019 гг.) 18 сортов отечественной селекции (А-29, Дипломат, Томский 15, Смолич, Альфа, Цезарь, Томский 17, Универсал, Тост, Алексим, Зарянка, Импульс, Сурский, Тверской, Томский 18, Лидер, А-93, Ленок) и 12 сортов зарубежной селекции (Сюзанна, Могилевский 2, Агата, Василек, Грант, Эскалина, Вералин, Пралеска, София, Электра, Лира, Дашковский) были определены значения следующих признаков: общего выхода волокна, выхода и качества длинного и короткого волокна. В данной статье приведены сравнительные данные для низкокачественной (номера 0,50–0,75) и высококачественной льнотресты (номера 1,00 и более) по выходу и качеству длинного волокна.

Полученные результаты по выходу длинного волокна из льнотресты различного качества сортов отечественной и зарубежной селекции, расположенные в порядке возрастания, представлены на рис. 1–4.

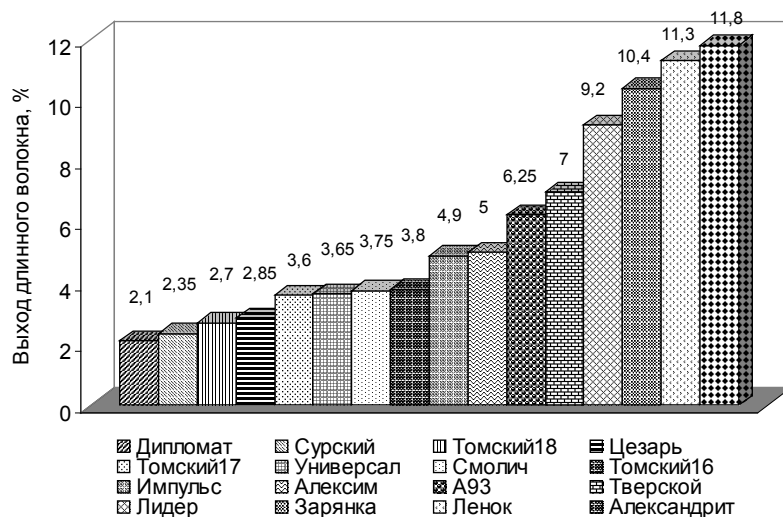


Рис. 1. Выход длинного волокна из низкокачественной льнотресты сортов отечественной селекции

Yield of long fiber from low-quality flax trees of varieties of domestic selection

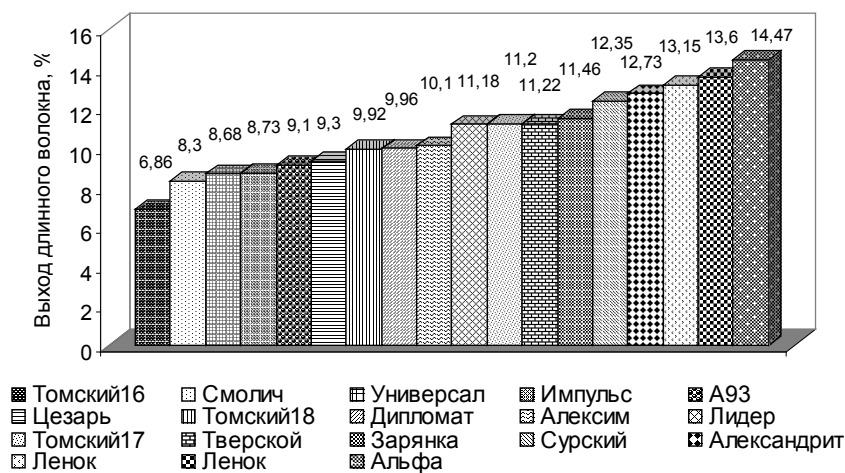


Рис. 2. Выход длинного волокна из высококачественной льнотресты сортов отечественной селекции

Yield of long fiber from high-quality flax trees of domestic breeding varieties

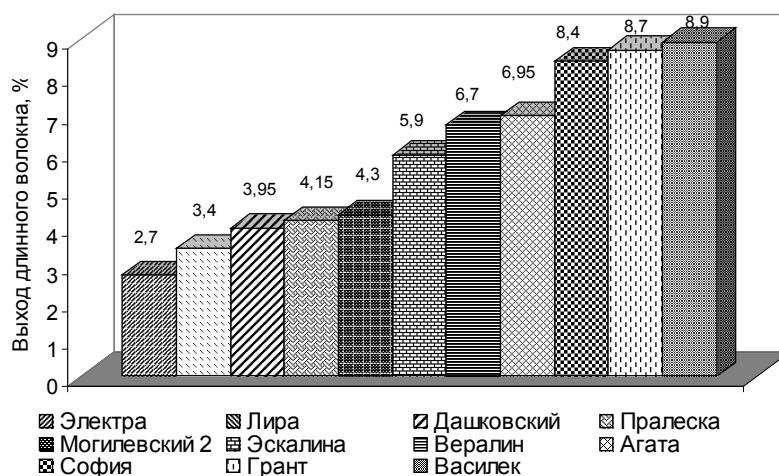


Рис. 3. Выход длинного волокна из низкокачественной льнотресты сортов зарубежных сортов

The yield of long fiber from low-quality flax strains of foreign varieties

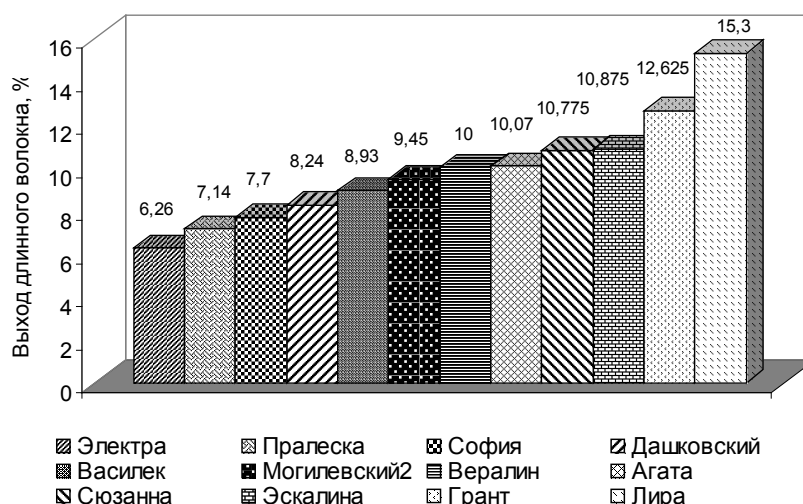


Рис. 4. Выход длинного волокна из высококачественной льнотресты сортов зарубежной селекции

Yield of long fiber from high-quality flax varieties of foreign breeding

Сравнительный анализ сортов отечественной и зарубежной селекции по выходу длинного волокна из льнотресты низкого качества, к которой принято относить льнотресту, оцененную номерами 0,50–0,75, полученному в производственных условиях, показал, что размах варьирования его значений (2,10–11,80%) у отечественных сортов больше, чем у зарубежных (2,70–8,90%) (см. рис. 1, 3). При этом к сортам отечественного происхождения с низким выходом длинного волокна можно отнести Дипломат (2,1%), Сурский (2,35), Томский 18 (2,7%); зарубежного – Электра (2,7%), Ли́ра (3,4%), Дашковский (3,95%).

Для высококачественной льнотресты (см. рис. 2, 4), имеющей качество номер 1,00 и более, наблюдается иная картина: минимум отмечен у отечественных сортов Томский 16 (6,86%), Смолич (8,68%), а размах варьирования значений выхода длинного волокна составляет 6,86–14,47%. Среди зарубежных минимальный выход волокна зафиксирован у сортов Электра (6,26%), Пралеска (7,14%) при меньшем на 1,2% размахе варьирования (6,26–12,625%). Максимальный выход длинного волокна выявлен у сорта отечественной селекции Александрит (низкокачественная льнотреста) – 11,8% и у сорта Альфа (высококачественная льнотреста) – 14,47%, а также из льнотресты номеров 0,50–0,75 у сорта

Василек, номеров 1,00 и более – у сорта Ли́ра зарубежного происхождения.

Такой же анализ был проведен по другому основному критерию технологической ценности льносырья – качеству (номеру) при контрольных разработках длинного волокна (табл. 1).

Худшее по качеству длинное волокно из льнотресты сортов отечественной селекции получено у сорта Сурский – номер 8,96 (низкокачественная льнотреста) и сорта Александрит – номер 9,93 (высококачественная льнотреста); из льнотресты зарубежных сортов как низкого, так и более высокого качества – у сорта Грант: номера 9,88 и 10,00 соответственно.

Лучшее по качеству длинное волокно было выработано из льнотресты сортов отечественного происхождения Зарянка – номер 11 (льнотреста номеров 0,50–0,75) и Альфа – номер 12 (льнотреста номеров 1,00 и более); зарубежного – из низкокачественной льнотресты сорта Василек – номер 11 и из высококачественной сорта Дашковский – номер 11,52.

Таким образом, предварительный сравнительный анализ, проведенный при условии разделения льнотресты по двум качественным группам, позволил выявить некоторое преимущество зарубежных сортов в отношении выхода и номера длинного волокна, полученного из низкокачественной льнотресты.

Таблица 1

**Номер длинного волокна из льнотресты различного качества сортов отечественной селекции
(по результатам контрольных разработок)
Number of long fiber from flax trees of various quality varieties of domestic selection
(based on the results of control developments)**

Сорт	Низкокачественная льнотреста (номера 0,50–0,75)	Высококачественная льнотреста (номера 1,00 и более)
<i>Сорта отечественной селекции</i>		
Томский 17	10,24	10,48
Томский 16	11,16	11,234
Альфа	-	12,00
Алексим	10,21	11,472
Зарянка	11,00	11,44
Ленок	10,80	10,91
Тверской	10,50	11,94
Томский 18	10,09	10,064
Тост	-	10,06
Лидер	9,61	11,503
Импульс	9,76	11,25
Смолич	10,17	10,80
А-93	10,23	10,90
Дипломат	10,00	11,00
Универсал	10,00	10,66
Цезарь	10,86	10,96
Сурский	8,96	10,50
Александрит	9,60	9,93
<i>Сорта зарубежной селекции</i>		
Эскалина	10,00	11,42
Дашковский	10,63	11,52
Могилевский 2	10,80	11,48
Лира	10,94	10,99
Электра	10,52	10,64
Вералин	10,75	-
Сюзанна	-	11,04
София	10,64	10,46
Василек	11,00	11,00
Агата	10,10	11,47
Пралеска	10,17	10,94
Грант	9,88	10,00

В то же время из высококачественной льнотресты отечественных сортов выработано больше длинного волокна лучшего качества. Для подтверждения этого предварительного заключения был применен дифференцированный сравнительный анализ по выходу и качеству длинного волокна из льнотресты по всей оценочной шкале внутри каждой группы (номера 0,50; 0,75 – низкокачественная льнотреста; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,50 – высококачественная льнотреста) с установлением индекса рейтинговой оценки всех сортов (30 сортов) зарубежного и отечественного проис-

хождения, которые были приняты к разработке (табл. 2).

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что больший выход волокна, оцененного более высоким номером, из низкокачественной льнотресты наблюдается у зарубежных сортов (средний индекс по выходу 12,2, по номеру 11,8), чем у отечественных (средний индекс по выходу 14,6, по номеру 15,6). Прямо противоположная картина наблюдается для льнотресты, обладающей более высоким качеством. Четко прослеживается превосходство сортов отечественной селекции как по

Таблица 2

**Рейтинговая оценка отечественных и зарубежных сортов льна-долгунца по среднему выходу
длинного волокна из льнотресты по всей оценочной шкале ее качества**
**Rating assessment of domestic and foreign varieties of fiber flax by the average yield of long fiber from
flax on the entire rating scale of its quality**

Сорт	Рейтинг (среднее место по всей оценочной шкале качества льнотресты по выходу длинного волокна)		Рейтинг (среднее место по всей оценочной шкале качества льнотресты по номеру длин- ного волокна)	
	Качество льнотресты (номер)			
	0,50–0,75	1,00–2,50	0,50–0,75	1,00–2,50
	Сорта отечественной селекции			
Алексим	13	14	16	6
Ленок	2	3	6	17
Зарянка	3	8	2	8
Тверской	8	9	12	2
Альфа	-	2	-	1
Томский 16	18	29	1	11
Томский 17	21	10	14	25
Томский 18	24	18	19	27
Тост	-	4	-	21
Лидер	4	11	25	4
Импульс	14	23	24	10
Смолич	19	25	17	19
А-93	11	21	15	18
Дипломат	27	17	20	13
Универсал	20	24	21	22
Цезарь	23	20	4	15
Сурский	26	7	27	24
Александрит	1	5	26	29
Средний индекс	14,6	13,9	15,6	14,6
	Сорта зарубежной селекции			
Эскалина	12	12	22	9
Дашковский	17	26	10	3
Могилевский 2	15	19	13	5
Лира	22	1	5	20
Электра	25	30	11	23
Вералин	10	16	8	-
Сюзанна	-	13	-	12
София	7	27	9	26
Василек	5	22	3	14
Агага	9	15	18	7
Пралеска	16	28	7	16
Грант	6	6	23	28
Средний индекс	12,2	18,0	11,8	16,0

выходу, так и по номеру длинного волокна. Средний индекс для отечественных сортов составляет по выходу 13,9, по номеру – 14,6, для сортов зарубежного происхождения – 18,0 и 16,0 (высококачественная льнотреста).

Немаловажное значение при выборе определенных сортов льна-долгунца для производства и переработки имеет уровень реализации потенциала, заложенного в определенном сорте, не только по общему выходу волокна [12–14], но и по выходу и качеству длинного волокна, в практической хозяйственной деятельности льноводов. В связи

с этим было проведено сравнение уровня реализации биологического потенциала по выходу длинного волокна, определенного на стадии госсортоиспытания и при обработке льнотресты на технологическом оборудовании льноперерабатывающих предприятий (табл. 3).

Из табл. 3 следует, что выход длинного волокна из льнотресты различного качества значительно ниже выхода, полученного в ходе государственного сортоиспытания для всех сортов. Существенность различий подтверждена методами математической ста-

Таблица 3

Выход длинного волокна из льнотресты различного качества по результатам контрольных разработок и данным госсортоиспытания, %

The yield of long fiber from flax trees of various quality according to the results of control developments and data of state variety tests, %

Сорт	Низкокачественная льнотреста (номера 0,50–0,75)		Высококачественная льнотреста (номера 1,00 и более)	
	госсортоиспытание	контрольные разработки	госсортоиспытание	контрольные разработки
Алексим	18,0	5,0	19,0	10,1
Дашковский	22,3	4,0	23,3	8,2
Альфа	28,1	-	29,1	14,5
Ленок	23,3	11,3	24,3	13,2
Томский 16	21,6	3,8	22,6	6,9
Могилевский 2	23,5	4,3	24,5	9,4
Томский 17	22,2	3,6	23,2	11,2
Зарянка	22,9	10,4	23,9	11,5
Тверской	26,0	7,0	27,0	11,2
Томский 18	23,7	2,7	24,7	9,9
Тост	24,1	-	25,1	13,1
Лидер	22,4	9,2	23,4	11,2
Импульс	19,6	4,9	20,6	8,7
Василек	24,5	8,9	25,5	8,9
Агата	25,4	7,0	26,3	10,1
Смолич	17,8	3,8	18,8	8,3
А-93	26,0	6,2	27,0	9,1
Дипломат	22,9	2,1	23,9	10,0
Пралеска	25,6	4,0	26,6	7,1
Универсал	22,9	3,7	23,9	8,7
Цезарь	26,4	2,9	27,4	9,3
Сурский	23,3	2,4	24,3	12,5
Александрит	22,0	11,8	23,0	12,7
Грант	28,0	8,7	29,0	12,6
Среднее значение, %	23,2	5,8	24,4	10,4
Различия между средними, %	17,4		14,0	
Ошибка разности средних (Sd)	0,87		0,68	
Коэффициент Стьюдента t				
t _{факт}	20,0		20,6	
t _{табл}	2,07		2,08	
Вывод о существенности различий	Существенно		Существенно	
Средняя степень реализации потенциала, %				
отечественные сорта	23,9		44,0	
зарубежные сорта	24,5		36,2	

тистики с вероятностью 0,95. Фактический коэффициент Стьюдента 20,0 (льнотреста номеров 0,50–0,75) и 20,6 (льнотреста номеров 1,00 и более) превышает почти в 10 раз табличный коэффициент, равный 2,07 и 2,08 соответственно. Наблюдается крайне низкая степень реализации потенциала сортов по признаку «выход длинного волокна».

Степень реализации потенциала сортов в производственных условиях по этому признаку колеблется для льнотресты низкого качества от 15,6 до 36,3 (зарубежные сорта)

и от 9,2 до 48,5 % (отечественные сорта). Несколько выше этот показатель из высококачественной льнотресты: для зарубежных сортов его значение находится в диапазоне 30,5–54,3 %. При этом средняя степень реализации потенциальных возможностей сортов по выходу длинного волокна находится практически на одном уровне для низкокачественной льнотресты (зарубежные сорта – 24,5, отечественные – 23,9 %). Для льнотресты более высокого качества отечественные сорта имеют некоторые преимущества (44,0 %)

над зарубежными (36,2%). Отсюда следует, что существенный резерв в реализации потенциальных возможностей сортов по выходу длинного волокна из льнотресты различного качества кроется в совершенствовании организации и технологии переработки льнотресты на волокно.

Анализируя данные, представленные в табл. 3, можно выявить сорта с максимальным и минимальным уровнем реализации потенциала (в зависимости от качества льнотресты) по признаку «выход длинного волокна» из льнотресты при переработке в производственных условиях.

При низком качестве льнотресты (номера 0,5–0,75) лучшими оказались сорта Грант, Василек, Лидер, Зарянка, Могилевский 2, Алесандрит (размах отклонений 31,1–53,6%), худшими – Дипломат, Сурский, Цезарь, Томский 18, Пралеска, Томский 17 (размах отклонений 9,2–16,2%). При высоком качестве льнотресты (номера 1,00 и более) лучшими признаны сорта Альфа, Алексим, Ленок, Тост, Сурский, Алесандрит (размах отклонений 49,8–55,2%), худшими – Томский 16, Василек, А-93, Пралеска, Цезарь, Дашковский (размах отклонений 26,7–35,2%).

Лучшим сортом как для низкокачественной льнотресты, так и высококачественной является отечественный сорт Алесандрит, худшим – Цезарь, а также сорт Пралеска зарубежной селекции. Еще два сорта – Василек

(зарубежная селекция) и Сурский (отечественная селекция) ведут себя по-разному при переработке льнотресты различного качества: относятся к худшим для льнотресты номеров 0,50–0,75 и к лучшим для льнотресты номеров 1,00 и более. Остальные сорта при разделении на две группы льнотресты по качеству не повторяются. Среди лучших сортов по выходу длинного волокна из высококачественной льнотресты зафиксированы только сорта отечественной селекции.

ВЫВОДЫ

1. Сорта отечественной селекции превосходят сорта зарубежной селекции по выходу и номеру длинного волокна в производственных условиях из высококачественной льнотресты и уступают зарубежным сортам по тем же признакам при переработке низкокачественной льнотресты.

2. Конкурентоспособность отечественных сортов подтверждена результатами контрольных разработок льнотресты различного качества по типовой технологии при ориентации льноперерабатывающих предприятий на получение максимального выхода длинного волокна лучшего качества.

3. Для повышения степени реализации потенциала, заложенного в сортах, в отношении указанных признаков необходимо совершенствовать существующую технологию и организацию переработки льнотресты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлова Л. Н., Рожмина Т. А. Селекционная работа во ВНИИЛ: результаты и направления // Льноводство: современное состояние и перспективы развития технологии в льноводстве: материалы межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Томск, 2017. – С. 64–69.
2. Мухин В. В. Проведение научных исследований по определению коэффициентов зачёта новых сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тверь: Альфа-Пресс, 2003. – С. 143–145.
3. Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А. Разработка нормативов перевода льнотресты в волокно для новых селекционных сортов льна-долгунца // Проблемы повышения технологического качества льна-долгунца: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Торжок, 2005. – С. 258–261.
4. Сравнительная оценка сортов льна-долгунца белорусской и зарубежной селекции / В. З. Богдан, Л. В. Ивашко, Т. М. Богдан [и др.] // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Тверь, 2018. – С. 97–100.
5. Бейня В. А. Государственный реестр сортов. – Минск, 2016. – 287 с.

6. *Сорта льна-долгунца отечественной и иностранной селекции: сравнительная характеристика по выходу волокна* / Т. А. Кудряшова, Т. А. Виноградова, Н. Н. Козьякова, А. Ю. Кудряшов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2019. – № 1 (45). – С. 30–35.
7. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А., Козьякова Н. Н.* Оценка сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции по выходу волокна в производственных условиях // Вестник НГАУ. – 2019. – № 2 (51). – С. 25–34.
8. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А., Козьякова Н. Н.* Технологическая ценность современных сортов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции по выходу волокна из льнотресты // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 3 (28). – С. 34–40.
9. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А.* Определение нормативов перевода льнотресты новых сортов льна-долгунца в волокно // Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Торжок, 2010. – С. 285–290.
10. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А.* Коэффициенты зачета (нормативы перевода) в волокно льнотресты перспективных сортов льна-долгунца и льна масличного // Научные разработки селекцентра – льноводству. Результаты научных исследований по льну-долгунцу и льну масличному научно-исследовательских учреждений селекцентра за 2000–2012 годы. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – С. 25–29.
11. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А.* Нормативы перевода в волокно льнотресты новых сортов льна-долгунца и эффективность их применения // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 8. – С. 12–14.
12. *Кудряшова Т. А., Виноградова Т. А.* Технологическая ценность современных сортов льна-долгунца томской школы селекции // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегион. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Томск, 2017. – С. 70–73.
13. *Разработка нормативов перевода в волокно льнотресты современных сортов льна-долгунца и анализ эффективности их применения* / С. Р. Большакова, Т. А. Кудряшова, Т. А. Виноградова, Н. Н. Козьякова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 3 (24). – С. 31–37.
14. *Румянцева И. А., Пашин Е. Л.* Система управления производством трепаного льноволокна на основе СППР // Научные разработки селекцентра – льноводству: сб. науч. тр. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – С. 131–133.
15. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 291 с.

REFERENCES

1. Pavlova L. N., Rozhmina T. A. *Lnovodstvo: sovremennoe sostoyanie I perspektivy razvitiya tekhnologii v lnovodstve* (Flax growing current state and prospects for the development of technology in flax). Proceedings of the interregional Scientific and Practical Conference with international participation), Tomsk, 2017, pp. 64–69. (In Russ.)
2. Mukhin V. V. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Tver: Alfa-Press, 2003, pp. 143–145. (In Russ.)
3. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A. *Problemy povysheniya tekhnologicheskogo kachestva lna-dolguntsa: aterially mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. (Problems of improving the technological quality of flax – fiber). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Torzhok, 2005, pp. 258–261. (In Russ.)
4. Bogdan V. Z., Ivashko L. V., Bogdan T. M. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva prjadl'nyh kul'tur: sostojanie, hroblemy I perspektivy* (Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects) Collection of scientific papers, Tver, 2018. pp. 97–100. (In Russ.)
5. Bejnja V. A. *Gosudarstvennyi reestr sortov* (State register of varieties), Minsk, 2016, 287p.
6. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A., Koz'yakova N. N., Kudryashov A. Yu. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2019, No. 1 (45), pp. 30–35. (In Russ.)
7. Kudryashova T. A., Vinogradova T. A., Koz'yakova N. N. *Vestnik NGAU*, 2019, No. 2 (51), pp. 25–34. (In Russ.)

8. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Koz'yakova N.N. *Agrarnyi Vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2019, No. 3 (28), pp. 34–40. (In Russ.)
9. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. *Osnovnye rezultaty I napravleniya razvitiya nauchnykh issledovaniy po lnu-dolguntsu* (The main results and directions of development of research on flax-flax). Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Torzhok, 2010, pp. 285–290. (In Russ.)
10. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. *Nauchnye razrabotki selektsentra –lnovodstvu. Rezultaty nauchnykh issledovaniy po lnu-dolguntsu I lnu maslichnomu nauchno –issledovatel'skikh uchrezhdeniy selektsentra za 2000–2012 gody*. (Scientific development – breeding center –flax. The results of scientific research on flax – dolgun and flax oilseed research institutions of the breeding center for 2010–2012), Tver: Tver. gos. Un-t, 2013, pp. 25–29. (In Russ.)
11. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. *Dostizheniya nauki I tekhniki APK*, 2015, No. 8. pp. 12–14. (In Russ.)
12. Kudryashova T.A., Vinogradova T.A. *Lnovodstvo: sovremennoe sostoyanie I perspektivy razvitiya* (Flax growing current state and prospects for the development of technology in flax). Proceedings of the interregional Scientific and Practical Conference with international participation), Tomsk, 2017, pp. 70–73. (In Russ.)
13. Bolshakova S.R., Kudryashova T.A., Vinogradova T.A., Kozyakova N.N. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2018, No. 3 (24), pp. 31–37. (In Russ.)
14. Rumjanceva I.A., Pashin E.L. *Nauchnye razrabotki selektsentra – l'novodstvu* (Scientific developments of the flax breeding center). Collection of scientific papers. Tver: Tver. gos. Un-t, 2013, pp. 131–133. (In Russ.)
15. Lakin G.F. *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 291 p.

**ЗАВИСИМОСТЬ ФИТОТОКСИЧНОСТИ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАТОВ
ШТАММОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ АНТРАКНОЗА ЛЬНА *COLLETOTRICHUM LINI* MANNS
ET BOLLEY ОТ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА**

Н. В. Пролётова, кандидат биологических наук, старший
научный сотрудник

Федеральный научный центр лубяных культур,
Торжок, Россия

E-mail: nataljaprljotva@rambler.ru

Ключевые слова: лен, антракноз, устойчивость, селективный агент, культуральный фильтрат, аминокислоты

Реферат. *Цель работы – определение аминокислотного состава культуральных фильтратов штаммов гриба – возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* Manns et Bolley для корректировки концентрации селективного агента в питательной среде при создании *in vitro* новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу. Установлено, что в культуральных фильтрах штаммов 527 и 608 присутствуют такие аминокислоты, как аланин, глицин, аспарагин, цистеин, треонин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, а также аргинин у сильновирulentного штамма 527 и следы тирозина и лизина у слабо-вирulentного штамма 608. К 40-м суткам культивирования запас питательных веществ в среде культивирования, по-видимому, был исчерпан, и для жизнеобеспечения гриб начал использовать продукты своей жизнедеятельности. В культуральном фильтрате сильновирulentного штамма 527 концентрация всех определённых аминокислот была значительно выше, чем в культуральном фильтрате слабовирulentного штамма 608. Показано, что наибольшей токсичностью обладал 23-суточный культуральный фильтрат сильновирulentного штамма 527. Прирост корешков и гипокотилей льна при использовании культурального фильтрата сильновирulentного штамма 527 был меньшим у всех генотипов, взятых в исследования. Токсичность культурального фильтрата зависела от вирulentности штамма возбудителя антракноза – культуральный фильтрат сильновирulentного штамма более токсичен, чем слабовирulentного. Присутствие цистеина в культуральных фильтрах штаммов повышает возможность ингибирования роста и развития клеток льна в культуре *in vitro*. При использовании культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза, содержащего аспарагин, глутамин, серин, глицин, аспарагиновую и глутаминовую кислоты, существует возможность индуцирования роста и развития клеток льна в условиях *in vitro*. По мере роста мицелия гриба в культуральных фильтрах происходило снижение концентраций аланина, аспарагина, глицина, аспарагиновой и глутаминовой кислот. Из-за высокой концентрации цистеина и тирозина культуральные фильтраты штаммов 419 и 639 были токсичными в течение всего периода исследований (до 42 суток).*

**DEPENDENCE OF PHYTOTOXICITY OF CULTURAL FILTRATES
OF THE FLAX ANTHRACNOSE PATHOGEN COLLETOTRICHUM LINI
MANNS ET BOLLEY STRAINS ON THE AMINO ACID COMPOSITION**

N.V. Proletova, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

Federal Scientific Center for Bast Crops, Torzhok, Russia

Key words: flax, anthracnose, resistance, selective agent, culture filtrate, amino acids.

Abstract. The aim of this work is to determine the amino acid composition of the cultural filtrates of the flax anthracnose fungus Colletotrichum lini Manns et Bolley strains to adjust the concentration of the selective agent in the nutrient medium when creating new flax genotypes resistant to anthracnose in vitro. It was found that the cultural filtrates of strains 527 and 608 contain such amino acids as alanine, glycine, asparagine, cysteine, threonine, aspartic acid, glutamic acid, as well as arginine in the highly virulent strain 527. The traces of tyrosine and lysine in the weakly virulent strain 608 were also found. On the day of cultivation, the supply of nutrients in the cultivation medium was apparently depleted, and the fungus began to use the products of its vital activity for life support. In the culture filtrate of the highly virulent strain 527, the concentration of all certain amino acids was significantly higher than in the culture filtrate of the weakly virulent strain 608. It was shown that the 23-day culture filtrate of the highly virulent strain 527 had the highest toxicity which is lower than in all genotypes taken in the study. The toxicity of the culture filtrate depends on the virulence of the anthracnose pathogen strain. The culture filtrate of a highly virulent strain is more toxic than a weakly virulent one. The presence of cysteine in the culture filtrates of the strains increases the possibility of inhibiting the growth and development of flax cells in in vitro culture. When using the culture filtrate of anthracnose pathogen strains containing asparagine, glutamine, serine, glycine, aspartic and glutamic acids, it is possible to induce the growth and development of flax cells in vitro. As the fungal mycelium grew in the culture filtrates, the concentrations of alanine, asparagine, glycine, aspartic and glutamic acids decreased. Due to the high concentration of cysteine and tyrosine, the culture filtrates of strains 419 and 639 were toxic during the entire study period (up to 42 days).

Одним из лимитирующих факторов возделывания льна является поражаемость патогенами. Из комплекса болезней, встречающихся на культуре, к числу наиболее вредоносных относится антракноз – болезнь, которую вызывает несовершенный гриб *Colletotrichum lini*. Возбудитель поражает всходы, листья, стебли, коробочки и семена в течение всего вегетационного периода с разной интенсивностью поражения. Выжившие растения отстают в росте. Это снижает урожайность и затрудняет механизированную уборку. При сильном развитии инфекции недобор льноволокна достигает 30%. Кроме того, всхожесть семян, собранных с инфицированных растений, гораздо ниже, чем у здоровых. Солома пораженных растений легкая и ломкая, волокно низкого качества. Агрессивность возбу-

дителя антракноза объясняется высокой воспроизводимостью патогена [1–3].

Антракноз – болезнь льна, широко распространенная в его посевах. Встречается ежегодно. Во время всходов льна сильное поражение посевов данным патогеном вызывает изреживание стеблестоя, а иногда и полную гибель растений. Известно, что грибы рода *Colletotrichum* продуцируют разнообразные по химической структуре метаболиты с широким спектром биологической активности, среди которых выявлены вещества с антимикробными, цитотоксическими, антиоксидантными, гормоноподобными и фитотоксическими свойствами. Набор биологически активных соединений, известных у грибов рода *Colletotrichum*, не столь широк, как, например, у фитопатогенных грибов из родов *Alternaria*, *Fusarium* и *Phoma*. Ни один представитель

рода *Colletotrichum* не отнесен к токсигенным видам [4–6]. Те токсины, которые продуцирует гриб – возбудитель болезни, влияют на жизнедеятельность клеток и тканей льна и способствуют возникновению угнетений с последующим снижением продуктивности растений льна [17].

Возбудитель антракноза льна *Colletotrichum lini* Manns et Bolley относится к группе несовершенных грибов, порядку спородохиальные, роду *Colletotrichum*. В процессе своего развития гриб формирует под кутикулой споролож, в которых образуются щетинки и короткие конидиеносцы. По мере роста щетинок и конидиеносцев эпидермис прорывается, и конидиеносцы выносят конидии наружу [5]. Половая стадия у *C. lini* не обнаружена, отмечено явление гетерокариозиса. Гриб образует одноклеточные гаплоидные конидии – оранжевые, желтоватые, красноватые или бесцветные с капельками жира внутри; продолговато-цилиндрические, слабоизогнутые или прямые, с закруглёнными концами. Размер конидий 14,3–21, 4 x 2, 9–5,7 мкм. Щетинки с 2–3 перегородками, верху утончающиеся, длиной 64,3–157,3 мкм, толщиной у основания 2,9–7,1 мкм. Мицелий членистый, бесцветный, позднее бурееет. Образует ложа (плотные сплетения гиф) размером до 200 мкм с массой конидий. Лож могут иметь щетинки. Гриб в виде высохших лож может переносить повышенные температуры, кратковременную дезинфекцию спиртом, не теряя своей жизнеспособности [2, 5]. Возбудители антракноза сохраняют свою жизнеспособность 5–6 лет.

В настоящее время проблема устойчивости льна к антракнозу приобретает все большее значение, так как в производственных условиях потери от проявления болезни составляют 30–35%. Протравливание семян химическими средствами создает дополнительную экологическую нагрузку и приводит к снижению ареала использования льнопродукции. Одним из путей решения данной проблемы является создание новых, устойчивых к антракнозу сортов льна селекционными методами, в том числе с использованием биотех-

нологических приемов. Актуальным является получение нового селекционного материала льна с использованием селективных систем *in vitro*, имитирующих искусственный инфекционный фон, что обеспечивает экспрессию генов устойчивости и дает возможность отбирать нужные варианты. Селективные агенты вносят на этапах пролиферации и морфогенеза каллусной ткани раздельно и в различных комбинациях для создания форм – соматоклонов, устойчивых к патогену [8]. Подобные инновационные способы позволяют вести *in vitro* отбор растений, устойчивых к антракнозу, уменьшают физические объемы экспериментального материала, трудозатраты и значительно сокращают сроки получения новых высокопродуктивных сортов.

В качестве селективного агента при селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу используют культуральные фильтраты штаммов патогена [9]. Как штаммы возбудителя различаются между собой, так и культуральные фильтраты, полученные на основе этих штаммов, отличаются друг от друга. Характеристика культуральных фильтратов во многом зависит от вирулентности используемого штамма, скорости формирования спор и выделения продуктов жизнедеятельности в среду культивирования. Поэтому решение вопроса о структуре метаболитов штаммов гриба, продуцируемых его клетками в среду культивирования, токсичности такой среды для клеток льна привело к необходимости определения аминокислотного состава культурального фильтрата и содержания в нём белков в динамике.

Важная роль в повышении эффективности создания новых сортов льна, устойчивых к антракнозу, принадлежит биотехнологическим методам. Для получения *in vitro* новых, устойчивых к антракнозу, форм льна в исследованиях используют культуральный фильтрат штаммов патогена. Токсичность культурального фильтрата связана с содержанием в нём веществ, ингибирующих рост и развитие клеток льна. Для определения таковых мы изучили аминокислотный состав культу-

ральных фильтратов штаммов, используемых в исследованиях.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на базе лаборатории биотехнологии Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) в 2010–2018 гг. В качестве объекта исследования в эксперименте использовали несколько штаммов возбудителя антракноза *Colletotrichum lini* Manns et Bolley. Штаммы любезно предоставлены сотрудниками лаборатории иммунитета ВНИИЛ из коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна. Штаммы 527, 639 – сильновирulentные, быстрорастущие, с обильным спороношением. Штамм 419 – средневирulentный, быстрорастущий, с обильным спороношением. Штамм 608 – слабовирulentный, быстрорастущий, с обильным спороношением.

Сорта льна Пенджаб, Алексим и селекционные линии Л 957–8–4, Л 1506–8–4, использованные в исследованиях, любезно предоставлены сотрудниками лаборатории селекции ВНИИЛ. Они характеризовались высокими показателями хозяйственно-ценных признаков и восприимчивостью к антракнозу.

Схема проведения исследований включала следующие этапы.

1. Культивирование мицелия гриба на жидкой среде Sh-2, не содержащей регуляторы роста, в течение 50 суток (рис. 1). Использовали модифицированную методику М.А. Проценко с соавторами [10]. Интенсивность спороношения биообразцов определяли в капле дистиллированной воды с помощью камеры Горяева под микроскопом МБИ-6. Количество спор в 1 см³ рассчитывали по формуле: $N / 20 \times 10^6$, где N – количество конидий в поле зрения микроскопа в камере Горяева.



а



б

Рис. 1. Рост мицелия возбудителя антракноза:
а – на твердой питательной среде; б – на жидкой питательной среде
Growth of the mycelium of the antracnose pathogen:
a – on a solid nutrient medium; b – on a liquid nutrient medium

2. Определение аминокислотного состава культурального фильтрата (КФ) штаммов 608, 527 на 9, 23, 40-е сутки. Аминокислотный состав КФ определяли методом бумажной хроматографии [11].

3. Определение оптической плотности КФ штаммов 419 и 639 на 7, 14, 23, 30, 40, 50-е сутки. Оптическую плотность КФ штам-

мов определяли по методу биуретовой реакции, основанному на образовании биуретового комплекса пептидных связей белков с двухвалентными ионами меди [11].

4. Визуальная оценка прироста биомассы гриба-возбудителя антракноза на 7, 14, 23, 33, 40 и 50-е сутки и определение токсичности культурального фильтрата.

Фитотоксические свойства КФ определяли путём проращивания на нём семян по методике Л. Н. Курчаковой [12]. Контроль – проращивание семян льна на воде.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью пакета программ Microsoft Excel с использованием метода первичной статистической обработки результатов эксперимента – определения выборочной средней величины.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На начальном этапе в культуральных фильтратах штаммов 527 и 608 определяли аминокислоты методом распределительной восходящей бумажной хроматографии. В результате исследований установлено, что в культуральных фильтратах исследуемых штаммов 527 и 608 присутствуют такие аминокислоты, как аланин, глицин, аспарагин, цистеин, треонин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, а также аргинин у сильновирulentного штамма 527 и следы тирозина и лизина у слабовирulentного штамма 608 (табл. 1).

Выявленные аминокислоты имеют различные характеристики. Некоторые из них способствуют ингибированию растительных клеток, тогда как другие, наоборот, инду-

цируют иммунитет, рост и развитие клеток льна. Поэтому возникло предположение, что культуральный фильтрат возбудителя антракноза можно использовать и как селективный фактор, и как фактор, стимулирующий морфогенез. Это зависит от характеристики штаммов антракноза, длительности их культивирования на питательной среде, концентрации культурального фильтрата в питательной среде.

Анализ динамики роста мицелия гриба – возбудителя антракноза льна на жидкой питательной среде показал, что концентрация таких аминокислот, как аланин, глицин, треонин, цистеин, в культуральных фильтратах обоих штаммов (сильновирulentного штамма 527 и слабовирulentного штамма 608) повышалась в течение всего периода культивирования. Содержание аспарагина, аспарагиновой и глютаминовой кислот в КФ штамма 608 к 40-м суткам культивирования мицелия гриба снижалось. Видимо, к этому сроку клеткам мицелия для продолжения роста и развития требовались аминокислоты, которые до этого они продуцировали и выделяли в среду культивирования. К 40-м суткам культивирования запас питательных веществ в среде, по-видимому, был исчерпан, и для жизнеобеспечения гриб начал использовать продукты своей жизнедеятельности.

Таблица 1

Аминокислотный состав культуральных фильтратов штаммов возбудителя антракноза льна
Colletotrichum lini

Amino acid composition of culture filtrates of flax anthracnose pathogen strains *Colletotrichum lini*

Аминокислота	Концентрация, мкг/л				
	Штамм 608			Штамм 527	
	9-е сутки	23-и сутки	40-е сутки	9-е сутки	23-и сутки
Аргинин	-	-	-	14,1	2,9
Аланин	1,8	2,6	3,5	7,5	13,1
Глицин	11,0	4,5	19,0	12,2	24,3
Треонин	0,3	1,1	7,0	0,8	1,9
Аспарагин	3,4	3,2	1,1	3,8	4,2
Цистеин	2,5	2,8	18,1	13,7	26,2
Аспарагиновая кислота	3,3	9,1	4,0	3,6	9,1
Глутаминовая кислота	11,5	10,0	4,0	2,0	4,2
Тирозин			Следы		
Лизин			Следы		

В результате исследований выявлено, что в КФ сильновирulentного штамма 527 концентрация всех определённых аминокислот была значительно выше, чем в КФ слабовирulentного штамма 608. На 23-и сутки отмечено, что в КФ сильновирulentного штамма 527 содержание цистеина выше в 9,4 раза (26,2 и 2,8 мкг/л соответственно), а глицина – в 5,4 раза (24,3 и 4,5 мкг/л соответственно), чем в КФ слабовирulentного штамма 608, т.е. сильновирulentный штамм к 23-м суткам продуцирует и выделяет в КФ цистеин, который является сильнейшим ингибитором роста растительных клеток, гораздо больше, чем слабовирulentный, что способствует по-

вышению токсичности КФ. В то же время концентрация глицина, способствующего росту клеток льна *in vitro*, также выше у сильновирulentного штамма, чем у слабовирulentного. Это, в свою очередь, повышает возможность индуцирования роста и развития клеток льна *in vitro*.

Токсичность полученных культуральных фильтратов оценивали по длине корешка проростков и гипокотилей четырех генотипов льна путем проращивания семян льна на фильтровальной бумаге, смоченной КФ, и на селективной среде, содержащей КФ штаммов возбудителя антракноза (рис. 2).

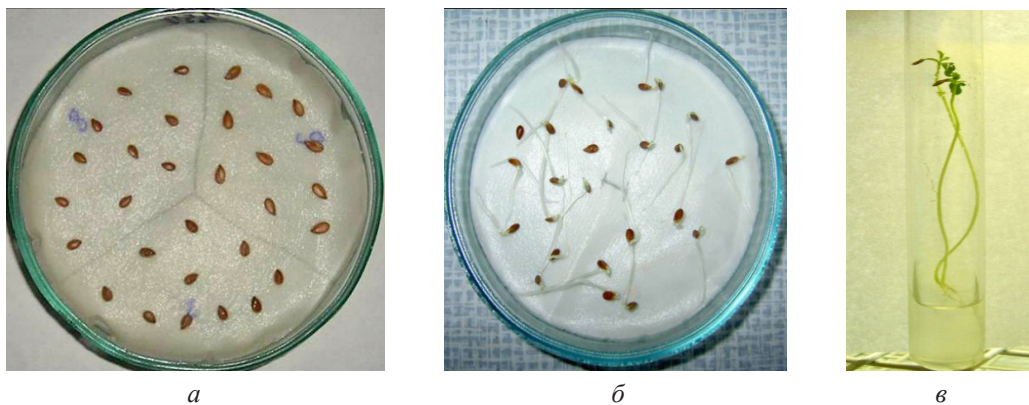


Рис. 2. Проращивание семян льна селекционной линии Л 957–8–4 на фильтровальной бумаге, смоченной КФ (а, б), и селективной среде, содержащей КФ возбудителя антракноза (в): а – подготовленные семена; б – пророщенные семена на 8-е сутки; в – гипокотили льна на 8-е сутки
Germination of flax seeds of the selection line L 957-8-4 on filter paper moistened with CF (a, b), and a selective medium containing CF of the anthracnose pathogen (c): a – prepared flax seeds; b – sprouted flax seeds on the 8th day; c – flax hypocotels on the 8th day

Анализ токсичности культуральных фильтратов в период роста мицелия гриба показал, что наибольшей токсичностью обладал 23-суточный КФ сильновирulentного штамма 527 (табл. 2). Прирост корешков и гипокотилей льна при использовании КФ сильновирulentного штамма 527 был меньшим у всех генотипов, взятых в исследования. Так, например, у генотипа Пенджаб при анализе на 15-е сутки средней длины корешка (проращивание семян на фильтровальной бумаге, смоченной КФ) установлено, что у КФ штамма 608 (слабовирulentного) эта величина составила 20,9% к контролю (16,3 мм), у КФ штамма 527 (сильновирulentного) – 17% (13,3 мм). У генотипа Л 957–8–4 этот показатель соста-

вил 22,3% (7,8 мм) у КФ штамма 608; 19,5% (7,4 мм) – у КФ штамма 527. При анализе средней длины гипокотеля (проращивание семян льна на селективной среде, содержащей КФ) у всех генотипов, взятых в исследования, эта величина была выше у КФ слабовирulentного штамма (29,1% – у сорта Пенджаб, 19,4 – у сорта Алексим, 25 – у линии Л 957–8–4 и 8,2% – у линии Л 1506–8–4). В то же время на селективной среде, содержащей КФ сильновирulentного штамма 527, средняя длина гипокотеля была ниже (14,4; 11,7; 17,9; 7,5% соответственно). Это подтверждает, что КФ сильновирulentного штамма обладал большей токсичностью, чем КФ слабовирulentного штамма.

Таблица 2

Влияние 23-суточного КФ штаммов возбудителя антракноза льна *Colletotrichum lini* на величину проростков
Influence of 23-day CF of flax anthracnose pathogen *Colletotrichum lini* strains on seedling size

Генотип льна	Средняя длина корешка, мм $\pm$ Sp						Средняя длина гипокотеля, мм $\pm$ Sp					
	3-и сутки	% к кон- тролю	8-е сутки	% к кон- тролю	15-е сутки	% к кон- тролю	3-е сутки	% к контро- лю	8-е сутки	% к кон- тролю	15-е сутки	% к кон- тролю
Пенджаб	1,00 $\pm$ 0,10	12,5	7,10 $\pm$ 0,20	23,7	16,30 $\pm$ 0,16	20,9	0	0	1,00 $\pm$ 0,20	12,5	23,00 $\pm$ 0,40	29,1
КФ штамма 608	1,00 $\pm$ 0,08	12,5	4,90 $\pm$ 0,16	16,3	13,30 $\pm$ 0,20	17	0	0	1,00 $\pm$ 0,17	12,5	11,90 $\pm$ 0,22	14,4
КФ штамма 527												
Алексим	2,00 $\pm$ 0,10	19,4	8,10 $\pm$ 0,10	20,3	13,00 $\pm$ 0,17	21,5	7,1	10,80 $\pm$ 0,10	34,40 $\pm$ 0,22	39,8	2,00 $\pm$ 0,13	19,4
КФ штамма 608	1,20 $\pm$ 0,15	11,7	6,20 $\pm$ 0,06	15,5	10,80 $\pm$ 0,10	17,9	4,4	6,70 $\pm$ 0,10	18,90 $\pm$ 0,24	21,9	1,20 $\pm$ 0,08	11,7
КФ штамма 527												
Л 957–8–4	0,70 $\pm$ 0,22	25	4,30 $\pm$ 0,20	23,5	7,80 $\pm$ 0,20	22,3	10	25,30 $\pm$ 0,12	12,50 $\pm$ 0,15	24,4	0,70 $\pm$ 0,16	25,0
КФ штамма 608	0,50 $\pm$ 0,03	17,9	3,70 $\pm$ 0,17	20,2	7,40 $\pm$ 0,13	19,5	2,9	7,30 $\pm$ 0,08	12,40 $\pm$ 0,13	20,8	0,50 $\pm$ 0,15	17,9
КФ штамма 527												
Л 1506–8–4	0,80 $\pm$ 0,10	8,2	4,80 $\pm$ 0,12	13	9,50 $\pm$ 0,22	13,8	3,3	6,50 $\pm$ 0,03	11,70 $\pm$ 0,14	15,1	0,80 $\pm$ 0,15	8,2
КФ штамма 608	0,70 $\pm$ 0,05	7,5	3,40 $\pm$ 0,15	9,3	7,00 $\pm$ 0,22	10,4	0	0	8,90 $\pm$ 0,20	11,5	0,70 $\pm$ 0,12	7,5
КФ штамма 527												

Из полученных данных следует, что токсичность культурального фильтрата зависела от вирулентности штамма возбудителя антракноза – КФ сильновирulentного штамма более токсичен, чем КФ слабовирulentного, и, возможно, одним из слагающих токсичности является наличие цистеина, отличающегося высокой реакционной способностью, и тирозина.

На следующем этапе для определения оптической плотности КФ использовали штаммы 419 и 639. В результате исследований выявлено, что на 7-е сутки культивирования мицелия возбудителя антракноза в КФ определяется цистеин. Молярная концентрация цистеина в КФ средневирulentного штамма 419 составила $C = 2 \cdot 10^{-3}$ моль/л, m (цистеина) = $C \cdot V \cdot M = 1,25 \cdot 10^{-4}$ г. Концентрация цистеина была практически в 15 раз выше – $C = 3,2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, m (цистеина) = $1,9 \cdot 10^{-3}$ г – в КФ сильновирulentного штамма 639. При определении токсичности КФ установлено, что проращиваемые семена льна имели наименьший прирост корешков, находясь на фильтровальной бумаге, смоченной культуральным фильтратом сильновирulentного штамма 639. Следовательно, его токсичность была выше, чем КФ средневирulentного штамма 419. Концентрация цистеина в КФ

повышалась у обоих штаммов с 21-х суток культивирования, и к 42-м суткам культивирования была наибольшей. Высокая реакционная способность сульфгидрильной группы является характерной особенностью химического строения цистеина [13]. Следовательно, присутствие цистеина в культуральных фильтратах штаммов гриба – возбудителя антракноза льна повышает возможность ингибирования роста и развития клеток льна в культуре in vitro.

Присутствие серина в КФ штаммов 419 и 639 установлено на 14-е сутки культивирования гриба на питательной среде. Концентрация серина в КФ штамма 419 составила $C = 1,9 \cdot 10^{-2}$ моль/л, m (серина) = $1,2 \cdot 10^{-3}$ г. В КФ сильновирulentного штамма 639 концентрация серина была выше в 6 раз, по сравнению со средневирulentным штаммом 419 – $C = 1,2 \cdot 10^{-1}$ моль/л, m (серина) = $7,8 \cdot 10^{-3}$ г. Прирост корешков у проращиваемых семян льна на фильтровальной бумаге, смоченной культуральным фильтратом сильновирulentного штамма 639, был наименьший. Токсичность КФ штамма 639 была выше по сравнению с КФ штамма 419. Важное значение в механизмах межклеточной передачи сигналов имеет фосфорилирование остатков серина в со-

ставе белков. Серин участвует в биосинтезе ряда других заменимых аминокислот: глицина, цистеина, метионина, триптофана [13]. Можно предположить, что серин в исследуемых культуральных фильтратах в результате биосинтеза образует глицин (зафиксированный у КФ штаммов 527 и 608). Следовательно, существует возможность индуцирования роста и развития клеток льна в условиях *in vitro* при подборе оптимальных концентраций этой аминокислоты в среде культивирования.

Наличие глутамина на 21-е сутки отмечено в КФ штаммов 419 и 639. Концентрация его в КФ средневирulentного штамма 419 составляла $C = 1,1 \cdot 10^{-1}$ моль/л, m (глутамина) = $1,12 \cdot 10^{-2}$ г, в КФ сильновирulentного штамма 639 – $C = 7,4 \cdot 10^{-1}$ моль/л, m (глутамина) = $7,5 \cdot 10^{-2}$ г. Концентрация глутамина в 6,7 раза выше в КФ штамма 639, чем в КФ штамма 419. Роль глутамина как аминокислоты – группирование азотистого обмена. К тому же он участвует в синтезе других аминокислот, биосинтезе углеводов, и ряде других операций. Глутамин входит в состав питательных сред для культивирования клеток и тканей льна.

Появление треонина в КФ исследуемых штаммов также отмечено на 21-е сутки культивирования гриба – возбудителя антракноза. В процессе обезвреживания ряда токсинов отмечено участие треонина. Вместе с другими аминокислотами – цистеином, аланином, лизином и аспарагиновой кислотой треонин укрепляет иммунитет, повышает устойчивость клеток к патогенам и вирусам [13]. Наличие этой аминокислоты, которую также добавляют в питательную среду для культивирования клеток и тканей льна, является одним из индукторов морфогенеза клеток льна *in vitro*.

Аминокислота аспарагин в КФ штаммов 419 и 639 выявлена на 28-е сутки культивирования на питательной среде гриба – возбудителя антракноза. Концентрация аспарагина в КФ штамма 419 составляла $C = 1,4 \cdot 10^{-1}$ моль/л, m (аспарагина) = $1,3 \cdot 10^{-2}$ г; в КФ штамма 639 – $C = 2,0 \cdot 10^{-1}$ моль/л, m (аспара-

гина) = $1,8 \cdot 10^{-2}$ г. Концентрация аспарагина в КФ сильновирulentного штамма 639 была в 1,4 раза выше, чем в КФ средневирulentного штамма 419. Аспарагин является одной из 20 аминокислот, наиболее распространенных в природе [13]. Аспарагин используется при приготовлении питательных сред для культивирования клеток и тканей льна и является одним из стимулов морфогенеза клеток льна на питательной и селективной среде *in vitro*.

Присутствие аминокислоты аргинина в КФ штаммов 419 и 639 отмечено на 35-е сутки. Концентрация аргинина в КФ штамма 419 составила $C = 1,2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, m (аргинина) = $1,3 \cdot 10^{-3}$ г; в КФ штамма 639 – $C = 2,0 \cdot 10^{-2}$ моль/л, m (аргинина) = $2,2 \cdot 10^{-3}$ г. Концентрация аспарагина в КФ сильновирulentного штамма 639 была в 1,7 раза выше, чем в КФ средневирulentного штамма 419. Характерной особенностью аргинина является наличие в его молекуле наряду с α -аминогруппой амидиновой группы ($\text{NH}_2\text{-CNH}$), расположенной у β -аминогруппы, которой принадлежит важная роль в обмене азотистых веществ [13]. Аргинин является аминокислотой, которую добавляют в питательную среду для культивирования клеток и тканей льна *in vitro*. Регулирование его концентрации в питательной среде позволяет изменять способность клеток льна к морфогенезу.

При определении аминокислотного состава культуральных фильтратов штаммов 419 и 639 на 42-е сутки в них выявлен тирозин. Концентрация данной аминокислоты в КФ штамма 419 составила $C = 3,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л, m (тирозина) = $3,8 \cdot 10^{-4}$ г; в КФ штамма 639 – $C = 8,2 \cdot 10^{-2}$ моль/л, m (тирозина) = $1,04 \cdot 10^{-3}$ г. Тирозин является ароматической альфа-аминокислотой. Эта аминокислота входит в состав ферментов, во многих из которых именно тирозину отведена ключевая роль в ферментативной активности и её регуляции. В природе тирозин синтезируют микроорганизмы, грибы и растения [13]. Возможно, что исследуемые нами штаммы возбудителя антракноза 639 и 419 также синтезируют тирозин.

Наличие данной аминокислоты способствует повышению токсичности культуральных фильтратов.

Исследования позволили выявить, что при культивировании гриба – возбудителя антракноза на питательной среде по мере роста мицелия гриба в КФ происходило снижение концентраций аланина, аспарагина, глицина, аспарагиновой и глютаминовой кислот. Из-за высокой концентрации цистеина и тирозина культуральные фильтраты штаммов 419 и 639 были токсичными в течение всего периода исследований (до 42 суток).

ВЫВОДЫ

1. В культуральных фильтратах исследуемых штаммов 527 и 608 присутствуют такие аминокислоты, как аланин, глицин, аспарагин, цистеин, треонин, аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, а также аргинин у сильновирulentного штамма 527 и следы тирозина и лизина у слабовирulentного штамма 608.

2. В КФ сильновирulentного штамма 527 концентрация всех определённых аминокислот была значительно выше, чем в КФ слабовирulentного штамма 608.

3. Токсичность культурального фильтрата зависела от вирулентности штамма возбудителя антракноза – КФ сильновирulentного штамма более токсичен, чем КФ слабовирulentного штамма, и, возможно, одним из слагающих токсичности является наличие цистеина, отличающегося высокой реакционной способностью, и тирозина. Присутствие цистеина в культуральных фильтратах штаммов гриба – возбудителя антракноза льна повышает возможность ингибирования роста и развития клеток льна в культуре *in vitro*. В то же время при использовании КФ штаммов возбудителя антракноза, содержащего аспарагин, глутамин, серин, глицин, аспарагиновую и глютаминовую кислоты, существует возможность индуцирования роста и развития клеток льна в условиях *in vitro*.

4. При культивировании гриба – возбудителя антракноза на питательной среде по мере роста мицелия гриба в КФ происходило снижение концентраций аланина, аспарагина, глицина, аспарагиновой и глютаминовой кислот. Из-за высокой концентрации цистеина и тирозина культуральные фильтраты штаммов 419 и 639 были токсичными в течение всего периода исследований (до 42 суток).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руцкая В.И. Антракноз люпина и его биологические особенности // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 4 (28). – С. 130–135.
2. Кудрявцева Л.П., Прасолова О.В. Групповая устойчивость сортов – важный приоритет селекции льна-долгунца // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 3 (24). – С. 25–30.
3. Research of Genetic Polymorphism Species *Linum usitatissimum* L. on a Basis a RAPD-Method / T.A. Rozhmina, Y.B. Fu, A. Diederichsen [et al.] // Journal of Natural Fibers. – 2018. – Vol. 15, Is. 2. – P. 155–161.
4. Полуэктова Е.В., Берестецкий А.О. Грибы рода *Colletotrichum* как продуценты биологически активных соединений и биогербицидов // Микология и фитопатология. – 2018. – Т. 52, № 6. – С. 367–381.
5. Карпунин Б.Ф. Антракноз льна: селекция на устойчивость. – Lap Lambert Academic Publishing, 2016. – 113 с.
6. Рожмина Т.А., Лошакова Н.И. Образцы прядильного и масличного льна (*Linum usitatissimum* L.) – источники эффективных генов устойчивости к фузариозному увяданию и ее зависимость от температуры // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 3. – С. 310–317.
7. *Colletotrichum*: Biological control, bio-catalyst, secondary metabolites and toxins / R.S. Jayawardena, X. H. Li, M. Liu [et al.] // Mycosphere. – 2016. – Vol. 7 (8). – P. 1164–1176.
8. Пролётова Н.В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 8. – С. 24–28.

9. Пролётова Н. В. Повышение устойчивости льна-долгунца к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Volley) методами *in vitro* // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – № 3 (175). – С. 128–131.
10. Проценко М. А., Костина Н. Е., Теплякова Т. В. Подбор питательных сред для глубинного культивирования дереворазрушающего гриба *Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev et singer // Биотехнология. – 2018. – Т. 34, № 1. – С. 45–51.
11. Рудаков О. Б., Рудакова Л. В., Букуша М. С. Генотипическая изменчивость аминокислотного состава белков животного и растительного происхождения // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2020. – № 20 (1). – С. 8–21.
12. Курчакова Л. Н. Методика получения культуральных фильтратов гриба *Fusarium oxysporum* и *F. semitectum* и их применение в культуре *in vitro* для получения фузариозоустойчивых форм льна-долгунца // Сборник научных трудов ВНИИЛ. – Торжок, 1994. – Вып. 28–29. – С. 127–128.
13. Справочник биохимика / Р. Досон, У. Эллиот, У. Эллиот, К. Джонс. – М.: Мир, 1991. – 250 с.

REFERENCES

1. Ruckaya V. I. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 4 (28), pp. 130–135. (In Russ.)
2. Kudryavceva L. P., Prasolova O. V. *Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya*, 2018, No. 3 (24), pp. 25–30. (In Russ.)
3. Rozhmina T. A., Fu Y. B., Diederichsen A. et al. Research of Genetic Polymorphism Species *Linum usitatissimum* L. on a Basis a RAPD-Method. *Journal of Natural Fibers*, 2018, Vol. 15, Is. 2, pp. 155–161.
4. Poluektova E. V., Beresteckij A. O. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2018, T. 52, No. 6, pp. 367–381. (In Russ.)
5. Karpunin B. F. *Antraknoz l'na: selekciya na ustojchivost*» (Anthracnose of flax: breeding for resistance). Lap Lambert Academic Publishing, 2016, 113 p.
6. Rozhmina T. A., Loshakova N. I. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2016, T. 51, No. 3, pp. 310–317. (In Russ.)
7. Jayawardena R. S., Li X. H., Liu M., et al. *Colletotrichum*: Biological control, bio-catalyst, secondary metabolites and toxins. *Mycosphere*, 2016, Vol. 7 (8), pp. 1164–1176.
8. Prolyotova N. V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, T. 33, No. 8, pp. 24–28. (In Russ.)
9. Prolyotova N. V. *Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij byulleten*» *Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur* (Oilseeds: scientific and technical Bulletin of the all-Russian research Institute of oilseeds), 2018, No. 3 (175), pp. 128–131. (In Russ.)
10. Procenko M. A., Kostina N. E., Teplyakova T. V. *Biotehnologiya*, 2018, T. 34, No. 1, pp. 45–51. (In Russ.)
11. Rudakov O. B., Rudakova L. V., Buksha M. S. *Sorbcionnye i hromatograficheskie processy*, 2020, No. 20 (1), pp. 8–21. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2020.20/2375>. (In Russ.)
12. Kurchakova L. N. *Sbornik nauch. trudov VNIIL*, Torzhok, 1994, Vol. 28–29, pp. 127–128. (In Russ.)
13. Doson R., Elliot U., Elliot U., Dzhons K. *Spravochnik biohimika* (Biochemist's Handbook), Moscow: Mir, 1991, 250 p.

**ВЛИЯНИЕ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS*
НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ФОРМИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ
В ПОБЕГАХ РЕМОНТАНТНОЙ МАЛИНЫ**

¹Н.С. Чеченина, аспирант

¹В.И. Лутов, кандидат сельскохозяйственных наук

¹А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук

²А.А. Лемяк, кандидат биологических наук

²А.И. Лемяк, директор

¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

²НПФ «Исследовательский центр», наукоград Кольцово, Новосибирская область, Россия

E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Ключевые слова: малина ремонтантная, штаммы бактерий рода *Bacillus*, ростовые процессы, перидерма, ксилема

Реферат. Исследования проведены с целью выявления гистологических реакций в побегах ремонтантной малины в качестве аспекта ростостимулирующего действия предпосадочной обработки корневой системы саженцев штаммами сапротрофных бактерий рода *Bacillus*. Наблюдения в модельном эксперименте выполнены в 2017–2018 гг. в производственных насаждениях ремонтантной малины сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» Новосибирской области. Растения обрабатывали перед посадкой путем замачивания корневой системы в рабочей жидкости, содержащей биоагент в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл. По совокупности ростостимулирующих эффектов наиболее эффективное комплексное действие на растения ремонтантной малины оказывала предпосадочная обработка штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевым препаратом Фитон 8.67: количество побегов замещения увеличивалось на 45–69 %, длина побегов замещения – на 16–20 %, количество междоузлий – в 1,2 раза относительно контроля. Под влиянием этих же бактериальных биоагентов в побегах ремонтантной малины установлено повышение толщины перидермы на 20–25 % относительно контроля, увеличение количества слоев перидермы на 12–35 %, суберинизированных (вызревших) слоев перидермы – на 30–48 %, толщины ксилемы – на 12–22 %. Во влиянии на растения малины штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препарата Фитон 8.67 доказана закономерность одновременного стимулирования ростовых процессов в побегах замещения и формирования зрелой перидермы, выполняющей роль иммунологического барьера в отношении фитопатогенов, вредителей и абиотических стресс-факторов.

INFLUENCE OF BACTERIAL STRAINS OF THE GENUS *BACILLUS* ON GROWTH PROCESSES AND TISSUE FORMATION IN THE SHOOTS OF REMONTANT RASPBERRIES.

¹N.S. Chechenina, PhD student

¹V.I. Lutoy, Candidate of Agricultural Sciences

¹A.A. Beliaev, Doctor of Agricultural Sciences

²A.A. Leliak, Candidate of Biological Sciences

²A.I. Leliak, Supervisor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²SPC RC «Issledovatel'skiy Tsentr», Koltsovo Science City, Novosibirsk Region, Russia

Key words: remontant raspberry, bacterial strains of the genus *Bacillus*, growth processes, periderm, xylem.

Abstract. *The studies were carried out with the aim of revealing histological reactions in the shoots of remontant raspberries as an aspect of the growth-stimulating effect of pre-planting treatment of the root system of seedlings with strains of saprotrophic bacteria of the genus Bacillus. The observations in the model experiment were carried out in 2017-2018 in the production plantings of remontant raspberries of the agricultural artel "Sady Sibiri" in the Novosibirsk Region. Plants were treated before planting by soaking the root system in a working fluid containing a bioagent at a concentration of 1×10^5 CFU / ml. In terms of the totality of growth-stimulating effects, the most effective complex effect on remontant raspberry plants was provided by pre-planting treatment with *B. subtilis* strain VKPM B-10641 and a mixture preparation Fitop 8.67. The number of replacement shoots increased by 45–69%, the length of replacement shoots - by 16–20%, the amount internodes - 1.2 times relative to control. Under the influence of the same bacterial bioagents in the shoots of remontant raspberries, an increase in the thickness of the peridermis by 20–25% relative to the control, an increase in the number of peridermal layers by 12–35%, suberized (matured) layers of the peridermis by 30–48%, and the thickness of xylem by 12–22% was observed. *B. subtilis* VKPM B-10641 strain and Fitop 8.67 influence raspberry plants, the regularity of simultaneous stimulation of growth processes in the replacement shoots and the formation of mature peridermis. So it acts as an immunological barrier against phytopathogens, pests and abiotic stress factors. So the research proved it.*

Биологические препараты активно используются в садоводстве и питомниководстве для увеличения продуктивности и устойчивости культурных растений к биотическим и абиотическим факторам, а также повышения экологической безопасности производства и получаемой продукции [1–3]. Установлено, что сапротрофные бактерии рода *Bacillus* не только защищают растение от фитопатогенных организмов вследствие наличия антагонистических свойств, но одновременно могут иммунизировать растения, регулировать рост, развитие и продуктивность ремонтантной малины, а также повышать почвенную микробиологическую активность. Комплексное влияние бактериальных биоагентов обуслов-

лено их способностью разлагать органические вещества и повышать доступность для растений элементов питания, выделять биологически активные метаболиты, стимулирующие рост растений (в частности, ауксины, жасмонаты, этилен), антибиотики, ферменты (хитиназу) и другие вещества, вызывающие у растений индукцию резистентности к фитопатогенам [4–6].

Выявлено, что ремонтантные сорта малины более восприимчивы к грибным инфекциям стеблей, так как на 2–3 недели позже формируют вызревшую перидерму и ксилему, выступающие в роли иммунологических барьеров [7], по сравнению с малиной обычного типа плодоношения [8]. В условиях искус-

ственного заражения через повреждения эпидермиса грибом *Fusarium sambucinum* Fuck. установлено, что при недостаточном уровне вызревания и развития перидермы и ксилемы он вызывает значительную некротизацию внутренних тканей побегов по сравнению с сортами обычного типа плодоношения, поэтому могут потребоваться дополнительные меры защиты побегов ремонтантной малины [9, 10].

Цель исследования – выявление гистологических реакций в побегах ремонтантной малины в качестве аспекта ростостимулирующего действия предпосадочной обработки корневой системы штаммами сапротрофных бактерий рода *Bacillus*.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2017–2018 гг. на производственных посадках ремонтантной малины в сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» (СХА «Сады Сибири») Новосибирской области в подзоне дренированной лесостепи Приобья. Почва опытного участка – серая лесная среднесуглинистая, предшественник – черный пар. Погодные условия периодов вегетации в оба года исследований были благоприятны для роста малины: в 2017 г. температура превышала среднегодовую норму на 0,8 °C, по осадкам наблюдалось превышение нормы на 23 %, в 2018 г. температура соответствовала норме, по осадкам превышение составило 13 %.

Объектами исследования являлись ремонтантная малина сорта Недосыгаемая (селекции ВСТИСП, г. Москва), штаммы сапротрофных бактерий рода *Bacillus*: *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, экспериментальный препарат Фитоп 8.67 – смесь трех штаммов: *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641 (производитель – ООО НПФ «Исследовательский центр»), гу-

миновый препарат Феникс 0,1 % (производитель – ООО «НПП Теллура-бис», г. Бийск).

Повторность в модельном опыте пятикратная – 5 растений на 1 вариант. Площадь питания 1 растения – 3 м². Способ нанесения биоагентов – замачивание корневой системы саженцев малины в рабочей жидкости, содержащей биоагент в концентрации 105 КОЕ/мл. Расход рабочей жидкости на 1 вариант – 2 л. Расход штамма биоагента – по 0,2 мл на вариант. Экспозиция – 2 ч.

Морфологическое и анатомо-гистологическое изучение побегов малины проводили согласно известным методикам [11, 12]. Учитывали показатели роста побегов замещения малины, состояние тканей в них определяли при помощи микроскопических измерений в гистологических срезах стеблей в ярусе 15–20 см от основания (зона наибольшей восприимчивости к грибным болезням), степень опробковения перидермы оценивали после окрашивания гистологических срезов суданом-3.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена методом многофакторного дисперсионного анализа [13] с использованием пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предпосадочная обработка бактериальными штаммами и посадка растений в опыте проведены 31 мая 2017 г. Высаженные растения имели равномерный фон по биометрическим показателям. В течение периода вегетации происходила адаптация и формирование надземной системы растений малины. Выпадов среди опытных растений не отмечено. Итоговые учеты в оба года наблюдений проведены во второй декаде сентября.

Средняя длина продуктивных побегов замещения в контроле в 2017 г. составила в конце вегетации 36,5 см (табл. 1). Статистически достоверное ($P < 0,05$) её увеличение доказано в вариантах с применением *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *B.*

Таблица 1

Влияние предпосадочной обработки корневой системы саженцев бактериальными штаммами на рост побегов замещения ремонтантной малины в первый и второй годы жизни насаждений (учеты во второй декаде сентября)

Influence of pre-planting treatment of the root system of seedlings with bacterial strains on the growth of shoots replacing remontant raspberries in the first and second years of plant life (counts in the second decade of September)

Вариант	Длина побега, см	Количество междоузлий на побег	Количество побегов на растение	Диаметр стебля (мм) на высоте 15–20 см от основания побега
<i>2017 г.</i>				
Контроль	36,5	13,3	3,0	4,3
Феникс, 0,1 %	38,6	16,4*	3,2	4,4
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10643	39,7	15,7*	2,3	4,6*
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10642	51,0*	17,2*	2,0	3,7
<i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10641	48,8*	16,6*	4,2*	5,1*
Фитоп 8.67	40,4	14,0	5,4*	5,1*
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10562	35,5	14,8	2,5	4,5*
<i>2018 г.</i>				
Контроль	89,0	29,3	3,8	7,4
Феникс, 0,1 %	89,6	29,6	5,4*	7,5
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10643	84,7	29,0	4,3	7,7*
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10642	98,2*	32,2*	5,2*	8,1*
<i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10641	102,4*	31,0	5,6*	8,6*
Фитоп 8.67	105,0*	32,0*	6,0*	8,7*
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10562	95,5	30,8	4,5*	8,7*
<i>Среднее за 2 года</i>				
Контроль	62,8	21,3	3,4	5,9
Феникс, 0,1 %	64,1	23,0	4,3*	6,0
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10643	62,2	22,3	3,3	6,1*
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10642	74,6*	24,7*	3,6	5,9
<i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10641	75,6*	23,8*	4,9*	6,9*
Фитоп 8.67	72,7*	23,0	5,7*	6,9*
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10562	65,5	22,8	3,5	6,6*
НСР ₀₅ по вариантам	6,7	2,1	0,7	0,2
НСР ₀₅ по годам	3,6	1,1	0,4	0,1

* Статистически достоверно выше контроля ($P < 0,05$).

subtilis ВКПМ В-10641 – на 12,3–14,5 см (34–40%). На второй год жизни насаждений длина контрольных побегов достигла 89,0 см. Стимулирующее действие подтвердилось в вариантах с *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, а также мощно проявилось при использовании препарата Фитоп 8.67 – увеличение на 9,2–16,0 см (10–18%). В среднем за два года указанные биоагенты стимулировали рост побегов на

9,9–12,8 см (15,8–20,4%) относительно контроля, что превышало ($P < 0,05$) действие в эталонном варианте с применением препарата Феникс.

В контроле в 2017 г. сформировалось в среднем 13,3 междоузлия на побег. Стимулирование роста междоузлий на продуктивных побегах достоверно доказано в вариантах с обработкой обоими штаммами *B. amyloliquefaciens* и *B. subtilis* ВКПМ В-10641–

на 2,4–3,9 междоузлия на растение (на 18–30% относительно контроля), на одинаковом уровне с препаратом Феникс. В 2018 г. количество междоузлий увеличивалось в вариантах с *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и препаратом Фитоп 8.67 на 2,7–2,9 междоузлия на растение (на 9–10%). В среднем за два года достоверные стимулирующие эффекты проявились в вариантах с *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *B. subtilis* ВКПМ В-10641 – увеличение количества междоузлий соответственно на 16 и 12%. В остальных вариантах слабые тенденции стимулирования статистически не доказаны.

Количество продуктивных побегов замещения (способных дать урожай), сформированных одним растением, в 2017 г. в контрольном варианте составило 3,0 побега на растение. Статистически достоверное ($P < 0,05$) увеличение количества побегов выявлено в вариантах с применением штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препарата Фитоп 8.67 – на 1,2–2,4 побега на растение. В 2018 г. эффект стимулирования роста побегов выявлен во всех вариантах (кроме *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643) – увеличение на 0,5–2,2 побега на растение при 3,8 побега на растение в контроле. В среднем за два года достоверный эффект сохранился в вариантах с применением *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препарата Фитоп 8.67 – увеличение количества побегов на 0,9–1,3 побега на растение, что в варианте с обработкой *B. subtilis* соответствовало уровню эталона, а в варианте с Фитоп 8.67 существенно (в 1,4 раза, $P < 0,05$) превышало уровень стимулирующего действия эталонного препарата Феникс 0,1%.

Средний диаметр стебля в ярусе 15–20 см от основания побега в 2017 г. в контрольном образце составил 4,3 см. Статистически достоверное увеличение толщины стебля доказано в вариантах с обработкой штаммами *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643 и препаратом Фитоп 8.67 – на 0,2–0,8 мм. В 2018 г. достоверное утолщение стебля отмечено во всех вариантах с применением биоагентов – на 4–18% относительно контроля,

где средний диаметр стебля составил 7,4 мм. В результате в среднем за 2 года достоверные эффекты стимулирования роста стеблей малины в толщину доказаны в вариантах с обработкой штаммами *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и препаратом Фитоп 8.67 – на 4–17%, причем в последних трех вариантах стимулирующие эффекты превосходили действие эталонного препарата Феникс.

Обобщая изученные аспекты ростостимулирующего действия биоагентов на ремонтантную малину по морфологическим показателям, следует констатировать более высокую эффективность и стабильность штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесового препарата Фитоп 8.67, которые при этом в большинстве случаев превосходили эталонный уровень.

В онтогенезе растений малины формирование морфологических признаков органов, в частности побегов, обусловлено процессами роста и развития их тканей. Изучение влияния предпосадочной обработки корневой системы саженцев ремонтантной малины штаммами сапротрофных бактерий на гистологическом уровне показало различную реакцию отдельных тканей на данный биотический фактор (табл. 2). Проявилась противоположная направленность реакции покровных тканей, особенно эпидермиса и паренхимы первичной коры, которые в ряде вариантов уменьшались в толщине в сравнении с более глубоко расположенными тканями – от перидермы до сердцевинной паренхимы, размеры которых увеличивались. В частности, толщина эпидермиса статистически достоверно уменьшалась в вариантах с применением штаммов *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и Фитоп 8.67 – на 3,8–6,2 мкм (16–26%) относительно контроля. Толщина паренхимы первичной коры сокращалась в вариантах с обработкой *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и Фитоп 8.67 на 25,1–35,3 мкм (26–37%) в сравнении с контролем. В остальных вариантах изменения толщины данных тканей, как и колленхимы,

Таблица 2

Влияние предпосадочной обработки корневой системы саженцев бактериальными штаммами на формирование тканей в побегах замещения ремонтантной малины (среднее за 2017–2018 гг., учеты во 2–3-й декадах сентября)

Influence of pre-planting treatment of the root system of seedlings with bacterial strains on the formation of tissues in the shoots of replacing remontant raspberries (average for 2017–2018, counts in the 2nd–3rd decades of September)

Варианты	Толщина, мкм				Количество		Толщина, мкм			
	эпидермиса	колленхимы	паренхимы первичной коры	перидермы	слоев перидермы	зрелых слоев перидермы	флоэмы	камбия	ксилемы	сердцевинной паренхимы
Контроль	23,7	44,3	96,6	51,2	4,3	1,9	92,7	105,3	679,4	3663,7
Феникс, 0,1 %	20,3**	49,3	99,2	65,5*	5,3*	2,6*	88,7	99,7	776,4*	3597,4
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10643	23,5	49,5	106,8	46,7	4,5	2,0	106,0*	112,0	711,1	3915,4*
<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-10642	19,8**	42,0	84,5	51,2	4,8*	1,9	106,4*	118,2*	726,7	4033,8*
<i>B. subtilis</i> ВКПМ В-10641	23,0	51,8	99,2	61,2*	5,3*	2,5*	120,7*	105,0	789,3*	4421,0*
Фитоп 8.67	20,8**	42,4	71,5**	64,1*	5,8*	2,8*	98,7	97,3	848,5*	4487,1*
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В-10562	19,8**	38,5	61,3**	49,4	5,3*	2,2*	103,0	115,0*	767,3	4249,9*
НСР ₀₅	2,7	7,9	12,5	9,2	0,5	0,3	11,5	9,6	97,1	247,6

* Статистически достоверно выше контроля ($P < 0,05$).

** Статистически достоверно ниже контроля ($P < 0,05$).

имели в основном схожую тенденцию, но статистически не подтверждались.

Толщина перидермы достоверно увеличивалась под влиянием предпосадочной обработки штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препаратом Фитоп 8.67 – на 10,0–13,0 мкм (20–25%) относительно контроля, количество слоев перидермы возрастало на 0,5–1,5 слоя (12–35%) в вариантах с применением всех бактериальных штаммов, кроме *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643. Количество вызревших (окрашенных) слоев перидермы к концу вегетации возрастало на 0,3–0,9 слоя (13–48%) в сравнении с контролем в вариантах со штаммами *B. subtilis* ВКПМ В-10641, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 и препаратом Фитоп 8.67. При этом только в вариантах со штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препаратом Фитоп 8.67 эффект стимулирования лучшего вызревания (суберинизации) перидермы стабильно проявлялся в оба года наблюдений (рис. 1). Следует отметить, что стимулирующее действие бактериальных штаммов на рост и вызревание перидермы соответствовало уровню аналогичных эффек-

тов в эталонном варианте с применением гуминового препарата Феникс.

Толщина флоэмы увеличивалась в вариантах с обработкой обоими штаммами вида *B. amyloliquefaciens*, а также штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 – на 13,3–28,0 мкм (14–30%). Камбиальный слой сильнее разрастался в вариантах с применением *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 – соответственно на 12,8 и 9,7 мкм (12 и 9%). Данные эффекты превосходили действие на побеги гуминового препарата Феникс.

Толщина ксилемы в контроле составила 679,4 мкм. Достоверное её увеличение относительно контроля зафиксировано в вариантах с применением штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 – на 109,9 мкм (14%) и препарата Фитоп 8.67 – на 169,1 мкм (25%) со слабой тенденцией превышения уровня эффекта в эталонном варианте с применением гуминового препарата Феникс. В остальных вариантах с применением бактериальных штаммов на массиве данных за два года можно отме-

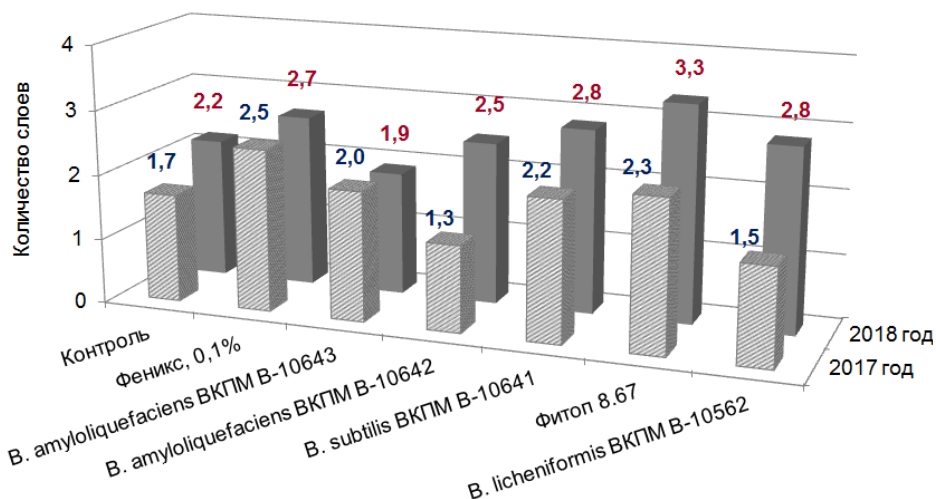


Рис. 1. Влияние предпосадочной обработки корневой системы бактериальными штаммами на общее количество зрелых слоев перидермы в однолетних стеблях ремонтантной малины в первый и второй годы жизни насаждений (2017 и 2018 гг.)

(НСП₀₅ по препаратам – 0,3 слоя; НСП₀₅ по годам – 0,2)

Influence of pre-planting treatment of the root system with bacterial strains on the total number of mature layers of periderm in annual stems of remontant raspberries in the first and second years of plant life (2017 and 2018) (НСП₀₅ for preparations – 0.3 layers; НСП₀₅ for years – 0.2)

тить лишь недоказанную тенденцию стимулирования роста ксилемы.

При анализе ежегодных эффектов в росте ксилемы под влиянием предпосадочной обработки биоагентами статистически достоверно ($P < 0,05$) установлена стабильная в течение двух лет реакция стимулирования только в одном варианте – с препаратом Фитоп 8.67:

утолщение ткани на 150 мкм (24%) в 2017 г. и на 164 мкм (20%) в 2018 г. (рис. 2).

Толщина сердцевинной паренхимы в контрольном варианте составила в среднем 3663,7 мкм. Достоверное её увеличение доказано во всех вариантах с применением бактериальных штаммов – на 7–23% относительно контроля при отсутствии положительного

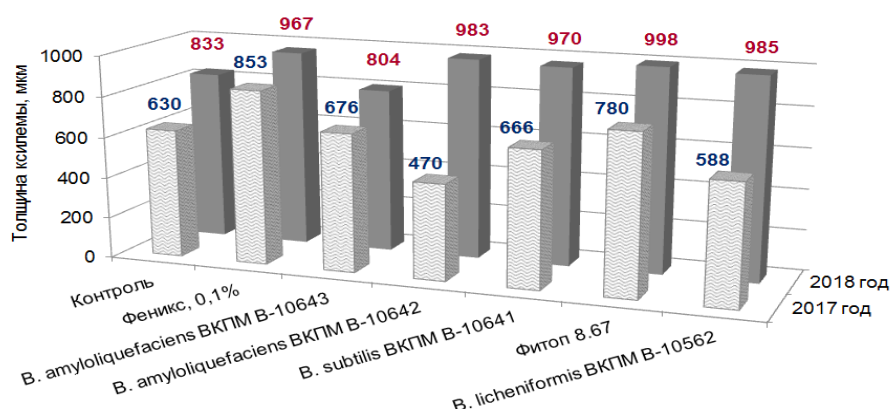


Рис. 2. Влияние предпосадочной обработки корневой системы бактериальными штаммами на толщину ксилемы в однолетних стеблях ремонтантной малины в первый и второй годы жизни насаждений (2017 и 2018 гг.) (НСП₀₅ по препаратам – 97,1 мкм; НСП₀₅ по годам – 51,9)

Influence of pre-planting treatment of the root system with bacterial strains on the thickness of xylem in annual stems of remontant raspberries in the first and second years of plant life (2017 and 2018) (НСП₀₅ for preparations – 97.1 μ m; НСП₀₅ for years – 51.9)

эффекта в варианте с гуминовым препаратом Феникс.

В связи с доказанным стимулированием роста ксилемы и других внутренних тканей стеблей уменьшение толщины покровных тканей, по-видимому, объясняется не ингибированием их роста, а механическим натяжением и сжатием на цилиндре из глубже расположенных тканей в результате мощного разрастания последних. Данное явление с аналогичным механизмом действия у малины ранее отмечалось, в частности, как прямая причина растрескивания коры вследствие стимулирования ростовых процессов побегов в условиях садовой культуры, когда экологические условия освещенности на открытом месте произрастания, обеспечения водой и минеральным питанием превышают потребности малины как изначально лесного растения [15].

Увеличение толщины ксилемы как важный ростостимулирующий эффект приводит к усилению данной проводящей ткани, которая обеспечивает восходящий ток в стеблях, их снабжение водой и минеральными веществами, поглощенными корнями из почвы, и служит основой для стимулирования роста побегов. Существенно важным результатом действия бактериальных штаммов является доказанная, в частности, в вариантах с предпосадочной обработкой штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препаратом Фитоп 8.67, закономерность стимулирования формирования общего количества слоев перидермы и количества её вызревших слоев в сочетании со стимулированием роста ксилемы. В остальных вариантах проявилась аналогичная, хотя и статистически недоказанная тенденция. Таким образом, внесением бактериальных штаммов гармонично стимулируются одновременно и ростовые процессы, и формирование защитной ткани перидермы, которая выполняет в стеблях малины роль

иммунологического барьера в отношении фитопатогенов, вредителей и абиотических стресс-факторов.

По совокупности наиболее важных ростостимулирующих эффектов, полученных в проведенных исследованиях, наиболее эффективное комплексное действие на растения ремонтантной малины оказывала предпосадочная обработка штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевым препаратом Фитоп 8.67.

ВЫВОДЫ

1. В условиях модельного эксперимента в 2017–2018 гг. доказано стимулирующее действие предпосадочной обработки корневой системы саженцев штаммами сапротрофных бактерий рода *Bacillus* на ростовые процессы растений ремонтантной малины. Наиболее эффективное комплексное действие оказывала предпосадочная обработка штаммом *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и смесевым препаратом Фитоп 8.67 – количество побегов замещения увеличивалось на 45–69% относительно контроля, длина побегов замещения – на 16–20%, количество междоузлий на 1 побеге – в 1,2 раза.

2. Под влиянием этих же биоагентов в стеблях побегов замещения ремонтантной малины установлено увеличение толщины перидермы на 20–25% относительно контроля, количества слоев перидермы – на 12–35, суберинизированных (вызревших) слоев перидермы – на 30–48, толщины ксилемы – на 12–22%.

3. Во влиянии на растения малины штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и препарата Фитоп 8.67 доказана закономерность одновременного стимулирования ростовых процессов в побегах замещения и формирования зрелой перидермы, выполняющей роль иммунологического барьера в отношении фитопатогенов, вредителей и абиотических стресс-факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козлова Е.А., Лысенко Н.Н. Биопрепараты для защиты смородины черной от американской мучнистой росы // Защита растений. – 2005. – № 5. – С. 46.

2. Стольникова Н. П., Лутов В. И. Промышленная культура земляники в Сибири: монография / НГАУ; НИИСС им. М. А. Лисавенко. – Новосибирск, 2009. – 207 с.
3. Использование биопрепаратов для управления ростом, плодоношением и фитосанитарным состоянием садовой земляники / А. А. Беляев, М. В. Штерншиш, Т. В. Шпатова, В. И. Лутов, А. А. Леляк, А. И. Леляк // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 44–47.
4. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений: монография / М. В. Штерншиш, 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.
5. Adaptation of primocane fruiting raspberry plants to environmental factors under the influence of *Bacillus* strains in Western Siberia / A. A. Belyaev, M. V. Sternshis, N. S. Chechenina, T. V. Spatova, A. A. Lelyak // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24, N. 8. – P. 7016–7022.
6. Чеченина Н. С. Влияние штаммов бактерий рода *Bacillus* на рост, развитие, фитосанитарное состояние и плодоношение ремонтантной малины // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск, 2017. – С. 95–101.
7. Беляев А. А. Защита малины от малинной побеговой галлицы и стеблевых микозов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Новосибирск, 2010. – 38 с.
8. Матченко Н. С., Панина Е. Н. Формирование иммунологических барьеров в побегах малины разного типа плодоношения // Современные технологии производства и переработки, обеспечение качества и безопасности сельскохозяйственного сырья и продуктов питания: материалы межвуз. науч. студ. конф. (25 апр. 2013 г.) / НОУ ВПО СибУПК. – Новосибирск, 2013. – С. 17–20.
9. Беляев А. А., Панина Е. Н., Матченко Н. С. Формирование перидермы и ксилемы в однолетних побегах малины обычного и ремонтантного типов плодоношения // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (33). – С. 7–12.
10. Перидерма как сортовой иммунологический фактор в побегах малины / А. А. Беляев, Е. Н. Панина, Н. С. Матченко, Г. И. Бакланова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 4. – С. 54–61.
11. Анатомические методы исследований культурных растений: метод. указания / ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова (ВИР). – Л., 1989. – 40 с.
12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М., 2013. – 349 с.
14. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
15. Pitcher R. S. Observations on the raspberry cane midge *Thomasiniana theobaldi* Barnes: 1. Biology // J. Hort. Sci. – 1952. – Vol. 27. – С. 71–94.

REFERENCES

1. Kozlova E. A., Lysenko N. N. *Zashhita rastenij*, 2005, No. 5, p. 46. (In Russ.)
2. Stol'nikova N. P., Lutov V. I. *Promyshlennaja kul'tura zemljaniki v Sibiri* (The industrial culture of strawberries in Siberia), Novosibirsk, 2009, 207 p.
3. Belyaev A. A., Shternshis M. V., Shpatova T. V., Lutov V. I., Leljak A. A., Leljak A. I. *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2012, No. 12, pp. 44–47. (In Russ.)
4. Shternshis M. V., Belyaev A. A., Cvetkova V. P., Shpatova T. V., Leljak A. A., Bahvalov S. A. *Biopreparaty na osnove bakterij roda Bacillus dlja upravlenija zdorov'em rastenij* (*Bacillus*-based biological products for plant health management), Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2016, 233 p.
5. Belyaev A. A., Sternshis M. V., Chechenina N. S., Spatova T. V., Lelyak A. A. Adaptation of primocane fruiting raspberry plants to environmental factors under the influence of *Bacillus* strains in Western Siberia, *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, Vol. 24, No. 8, pp. 7016–7022.

6. Chechenina N. S. *Novejshie napravlenija razvitija agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchenyh* (The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists). Materials of the VI international scientific and practical conference, Krasnoobsk, 2017, pp. 95–101. (In Russ.)
7. Belyaev A. A. *Zashchita maliny ot malinnoy pobegovoy gallitsy i steblevykh mikofov* (Protection of raspberries from raspberry cane midge and stem mycoses) Extended abstract of Doctor's thesis, Novosibirsk, 2010, 38 p. (In Russ.)
8. Matchenko N. S., Panina E. N. *Sovremennye tehnologii proizvodstva i pererabotki, obespechenie kachestva i bezopasnosti sel'skhozjajstvennogo syr'ja i produktov pitaniya* (Modern production and processing technologies, ensuring the quality and safety of agricultural raw materials and food). Materials of interuniversity scientific. stud. conf., Novosibirsk, 2013, pp. 17–20. (In Russ.)
9. Belyaev A. A., Panina E. N., Matchenko N. S. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 4 (33), pp. 7–12. (In Russ.)
10. Beljaev A. A., Panina E. N., Matchenko N. S., Baklanova G. I. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2014, No. 4, pp. 54–61. (In Russ.)
11. *Anatomicheskie metody issledovaniy kul'turnyh rastenij* (Anatomical methods of research of cultivated plants), Leningrad, 1989, 40 p.
12. *Programma i metodika sortoizuchenija plodovyh, jagodnyh i orehoplodnyh kul'tur* (The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops), Orel: Izd-vo VNIISPK, 1999, 608 p.
13. . Dospheov B. A. *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* (Field experiment methodology: with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2013, 349 p.
14. Sorokin O. D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASHN, 2009, 222 p.
15. Pitcher R. S. Observations on the raspberry cane midge *Thomasiniana theobaldi* Barnes: 1. Biology, *J. Hort. Sci.*, 1952, Vol. 27, pp. 71–94.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАСЛИЧНОСТИ У СОРТОВ ЯРОВОГО ОВСА
В РЕЗКО-КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**¹О.А. Юсова, кандидат сельскохозяйственных наук¹П.Н. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук¹В.С. Васюкевич, кандидат сельскохозяйственных наук²И.В. Сафонова, кандидат сельскохозяйственных наук²Н.И. Аниськов, доктор сельскохозяйственных наук¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия²Всероссийский институт генетических ресурсов

растений им. Н. И. Вавилова,

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: 55asc@bk.ru

Ключевые слова: селекция, сорт, яровой овес, сырой жир, стабильность, пластичность, адаптивность, гомеостатичность, интенсивность, ранг

Реферат. Среди яровых зерновых овес – одна из основных культур Сибири. С учетом климатических факторов и запросов производства в настоящее время актуальна селекция на повышенную продуктивность и адаптивность к местным природно-климатическим факторам, устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам, что является ключевым фактором для стабильного увеличения как урожайности, так и качества сельскохозяйственной продукции. Цель исследования – определение группы адаптивных сортов овса по содержанию сырого жира в зерне для внедрения в производство и включения в селекционные программы. Исследования выполнялись в условиях южной лесостепи Омской области в период с 2013 по 2018 г. Рассчитаны: показатель размаха содержания сырого жира по В. А. Зыкину (d), индекс экологической пластичности по Д. И. Баранскому (O), гомеостатичность по В. В. Хангильдину ($Нот$), показатель интенсивности по Р. А. Удачину (I), относительная стабильность признака Н. А. Соболеву (St^2), показатель уровня стабильности сорта по Э. Д. Неттевичу (ПУСС). Окончательная оценка адаптивности проведена по сумме рангов. Минимальный размах содержания сырого жира наблюдался у сортов Иртыш 23 и Факел ($d = 1,87$ и $2,97\%$). Сорта Иртыш 23, Тарский 2, Факел, Сибирский Геркулес и Сибирский голозерный отличались пластичностью ($O = 6,4–13,6$) и гомеостатичностью ($Нот = 0,82$), также гомеостатичен сорт Иртыш 13 ($Нот = 0,23$). Стабильностью признака по Н. А. Соболеву характеризовались все сорта ($St^2 = 0,94–0,99$), по Э. Д. Неттевичу – Иртыш 13, Иртыш 23, Памяти Богачкова и Факел (ПУСС = $193,4–305,5\%$). Располагая ассортиментом оценочных показателей адаптивных параметров, целесообразно применить ранжирование и заключительную оценку проводить по сумме рангов, полученных каждым сортом. Наиболее адаптивны по содержанию сырого жира в зерне для условий южной лесостепи Западной Сибири сорта Иртыш 23 и Факел ($\sum$ рангов = 23 и 25) и Сибирский голозерный ($\sum$ рангов = 26).

FEATURES OF THE FORMATION OF OIL CONTENT IN VARIETIES OF SPRING OATS IN SHARPLY CONTINENTAL CLIMATIC CONDITIONS

¹**O.A. Iusova**, Candidate of Agricultural Sciences

¹**P.N. Nikolaev**, Candidate of Agricultural Sciences

¹**V.S. Vasiukevich**, Candidate of Agricultural Sciences

²**I.V. Safonova**, Candidate of Agricultural Sciences

²**N.I. Aniskov**, Doctor of Agricultural Sciences

¹**Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia**

²**FRC Vavilov Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint Petersburg, Russia**

Key words: selection, variety, spring oats, crude fat, stability, plasticity, adaptability, homeostaticity, intensity, rank.

Abstract. Among spring grain crops, oats are one of the main crops in Siberia. Taking into account climatic factors and production demands, breeding for increased productivity and adaptability to local natural and climatic factors, resistance to biotic and abiotic stresses appears to be currently relevant. This is a key factor for a permanent increase in both yield and quality of agricultural products. The aim of the study is to determine the group of adaptive oat varieties by the content of crude fat in grain for introduction into production and inclusion in breeding programs. The studies were carried out in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk Region during 2013-2018. The indicator of the range of crude fat content according to V.A. Zykin (d), index of ecological plasticity according to D.I. Baranskiy (O), homeostaticity according to V.V. Khangildin (Hom), an indicator of intensity according to R.A. Udachin (I), the relative stability of the trait N.A. Sobolev (St^2), an indicator of the level of stability of the variety according to E.D. Nettevich ($PUSS$) were calculated. The final assessment of adaptability was based on the sum of the ranks. The minimum range of crude fat content was observed in varieties Irtysh 23 and Fakel ($d = 1.87$ and 2.97%). Cultivars Irtysh 23, Tarsky 2, Fakel, Sibirskiy Hercules and Sibirskiy golozerny differed in plasticity ($O = 6.4-13.6$) and homeostaticity ($Hom = 0.82$). The variety Irtysh 13 ($Hom = 0.23$) was also homeostatic. The stability of the trait according to N.A. Sobolev characterized all varieties ($St^2 = 0.94-0.99$), according to E.D. Nettevich – Irtysh 13, Irtysh 23, Pamyati Bogachkova and Fakel ($PUSS = 193.4-305.5\%$). Having an assortment of estimated indicators of adaptive parameters, it is advisable to apply the ranking and conduct the final assessment according to the sum of the ranks received by each variety. The varieties Irtysh 23 and Fakel ($\sum$ ranks = 23 and 25) and Sibirskiy Holozerny ($\sum$ ranks = 26) are the most adaptive in terms of the content of crude fat in grain for the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia.

Овес является одной из ключевых культур, характеризующихся адаптивностью к условиям Сибири. За счет таких положительных характеристик, как неприхотливость к почвенно-климатическим условиям и небольшой вегетационный период, сорта овса имеют широкую распространенность в Омском регионе.

Овес – культура разностороннего использования, прежде всего, в животноводстве и пищевой промышленности.

Современные реалии производства обуславливают перечень требований, предъявляемых к биохимическому составу зерна овса.

Так, для производственных целей зерно должно иметь такие характеристики, как повышенное содержание белка, β -глюканов [1], антиоксидантов [2] и низкая масличность. Зерно фуражного направления должно быть с высоким содержанием белка и жира [3].

С учетом климатических факторов и запросов производства в настоящее время актуальна селекция на повышенную продуктивность и адаптивность [4, 5], устойчивость к био- и абиострессам [6, 7], что является ключевым фактором для стабильного увели-

чения как урожайности, так и качества сельскохозяйственной продукции.

В связи с вышеизложенным цель исследования – определение группы адаптивных сортов овса по содержанию сырого жира в зерне для внедрения в производство и включения в селекционные программы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись в условиях южной лесостепи Омской области в период с 2013 по 2018 г. Площадь делянки – 10 м², повторность четырехкратная, размещение систематическое. Посев осуществляли сеялкой ССФК-7 с 21 по 28 мая, норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га, предшественник – зерновые (вторая культура после пара). Почва опытного участка – лугово-черноземная слабощелочная с содержанием гумуса 6% и рН почвенного раствора 6,5–6,8.

Рассчитаны следующие показатели адаптивности:

- размах показателя (d) [8];
- коэффициент экологической пластичности (O) [9];
- гомеостатичность (Hom) [10];
- показатель интенсивности (И) [11];
- относительная стабильность признака (St^2) [12];

– показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) [13];

– коэффициент вариации (Cv) [14].

Окончательный вывод об адаптивности сортов сделан на основе суммы рангов.

Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа [14].

Объект исследований – сорта ярового овса, которые включены в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону. Пленчатые сорта овса: Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Тарский 2, Памяти Богачкова, Скакун, Факел, Сибирский Геркулес. Голозерные сорта: Сибирский голозерный, Прогресс.

Период исследований с 2011 по 2019 г. характеризовался контрастными условиями. По средним температурам на протяжении всего периода исследований наблюдался недобор (-6,9...-0,4 °C) по сравнению со среднемноголетними данными (рис. 1, 2). Исключения наблюдались в мае и июне 2015 г. (+0,8 °C), июне 2017 г. (+0,3 °C), июле 2012 г. (+3,4 °C), 2016 и 2018 гг. (+0,3 и +0,48 °C к норме). Температура воздуха в июне 2011 и 2013 гг. соответствовала среднемноголетним данным (19,3 °C). На этом фоне наблюдались обильные осадки (+31,3...+414,3% к среднемноголетним данным).

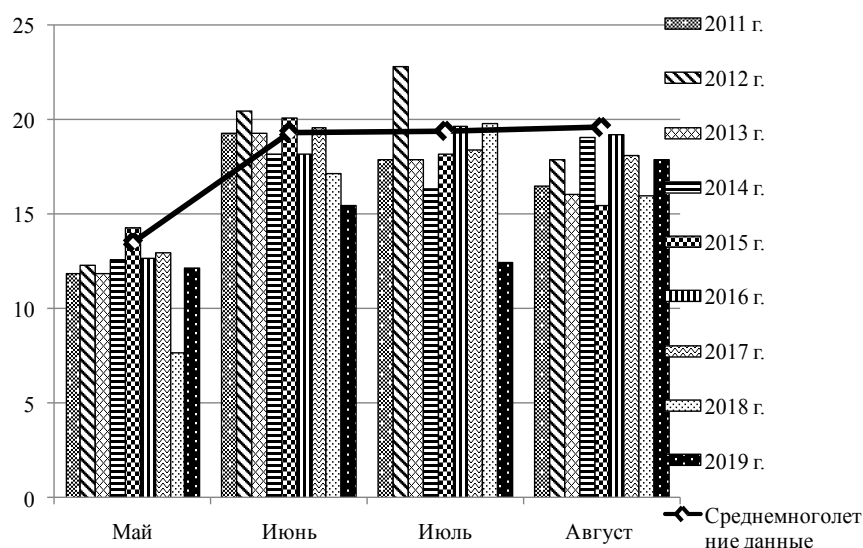


Рис. 1. Характеристика вегетационных периодов 2011–2019 гг. по средней температуре воздуха (Омская ГМОС)
Characteristics of the growing seasons 2011-2019. by average air temperature

Недостаток осадков характерен для следующих периодов: май и июнь 2011 г. (51,3 и 64,7 % к норме), май 2016 г. (36,0 %), июнь

2014 г. (78,9 %), июль 2012 г. (38,1 %), август 2017 г. (87,5 %).

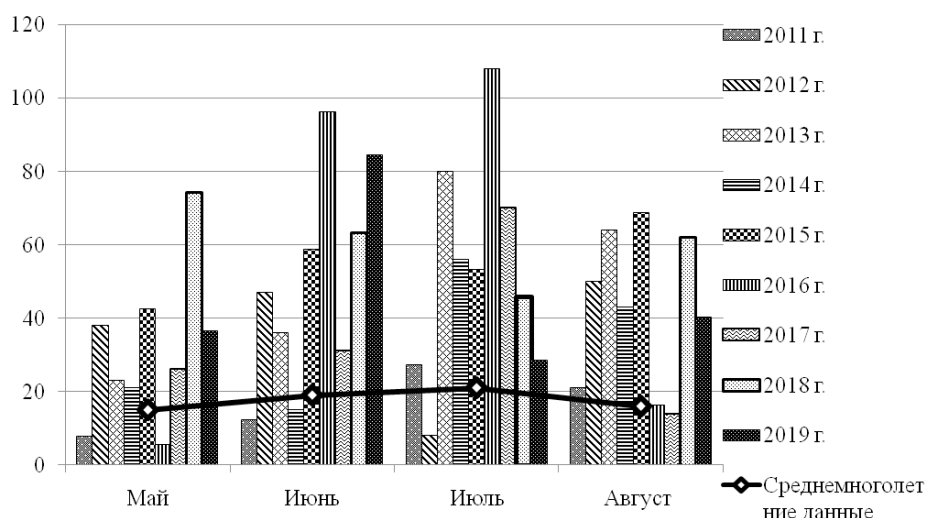


Рис. 2. Характеристика вегетационных периодов 2011–2019 гг. по сумме осадков (Омская ГМОС)
Characteristics of the growing seasons 2011-2019. by the amount of precipitation

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование сырого жира в зерне овса в значительной мере обусловлено климатическими факторами (62,3 %) при значительной доле вклада генетических особенностей сорта (20,1 %) и взаимодействия «генотип × среда» (17,5 %). Данное обстоятельство подтверждается значительной изменчивостью признака ($C_v > 20\%$) у пленчатых сортов и средним ее уровнем у голозерных сортов ($20\% > C_v > 10\%$).

Анализ качества зерна за период исследований свидетельствует, что пленчатые сорта уступают голозерным по масличности зерна на 2,84 %, что подтверждается исследованиями других ученых [15, 16].

Наиболее высокое содержание сырого жира в зерне овса сформировалось в 2011 и 2013 гг. (4,92 и 5,04 % в пленчатой группе, 7,60 и 7,33 % – в голозерной) при максимальном индексе условий окружающей среды ($I_j = +0,94$ и $+1,05$). Снижение групповых средних до 2,07 и 5,01 % у пленчатых и голозерных сортов соответственно наблюдалось в 2018 г. ($I_j = -1,79$) (табл. 1).

Для точной и объективной оценки адаптивности сорта зачастую необходимо применение нескольких методов.

По методике В. А. Зыкина [8], размах содержания (d) сырого жира у стандартов составлял 5,42 % у сорта Орион и 2,27 % у сорта Сибирский голозерный. Минимальное значение данного показателя наблюдалось у сортов Иртыш 23 и Факел ($d = 1,87$ и $2,97\%$) (табл. 2).

Согласно методике Д. И. Баранского [9], пластичность (O) стандарта пленчатых сортов Орион составляла 4,1. Превышали стандарт по данному показателю сорта Иртыш 23, Тарский 2, Факел и Сибирский Геркулес ($O = 6,4-13,6$). В голозерной группе наиболее пластичен стандартный сорт Сибирский голозерный ($O = 11,9$).

В. В. Хангильдин с незначительной изменчивостью содержания жира в зерне связывал проявление высокой гомеостатичности [10]. В наших исследованиях достоверно превышали стандарт ($Hom = 0,12$) по данному показателю сорта Иртыш 13, Иртыш 23, Тарский 2, Факел и Сибирский Геркулес ($Hom = 0,23-0,62$). В голозерной группе максимальное значение данного показателя наблюдалось у стандарта Сибирский голозерный ($Hom = 0,82$).

Исследования интенсивности (И) [11] содержания сырого жира в зерне показали, что ни один исследуемый сорт не превышал

Таблица 1

Характеристика масличности зерна ярового овса, %
Characteristics of oil content of grain of spring oats, %

Сорт	Год									Xj
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Пленчатая группа										
Орион, st.	6,95	5,19	5,06	2,63	3,19	3,60	3,76	1,53	3,10	3,89
Иртыш 13	7,03	4,99	4,24	4,95	4,49	3,82	3,99	2,48	4,36	4,48
Иртыш 21	4,43	5,35	5,08	3,27	3,38	6,06	2,98	1,72	3,91	4,02
Иртыш 23	3,44	4,08	5,00	4,23	4,20	4,15	3,60	3,13	3,60	3,97
Тарский 2	4,45	4,86	5,10	4,85	3,59	3,53	2,77	1,92	3,28	3,82
Памяти Богачкова	4,41	3,67	4,60	5,43	2,81	3,28	2,15	1,75	2,70	3,42
Скакун	4,14	4,24	5,73	5,41	3,53	3,12	2,70	1,54	2,74	3,68
Факел	4,60	4,35	5,15	4,93	4,23	4,59	3,52	2,18	3,19	4,08
Сибирский Геркулес	4,80	4,88	5,40	5,00	4,24	3,36	3,27	2,35	3,87	4,13
Среднее по группе	4,92	4,62	5,04	4,52	3,74	3,95	3,19	2,07	3,39	3,94
Голозерная группа										
Сибирский голозерный, st.	7,59	6,64	7,64	6,58	6,64	6,34	7,25	5,37	6,98	6,78
Прогресс	7,61	6,18	7,01	5,99	6,96	5,93	5,30	4,65	4,92	6,78
Среднее по группе	7,60	6,41	7,33	6,29	6,8	6,14	6,28	5,01	5,95	6,78
HCP ₀₅	0,50	0,86	0,89	1,94	0,56	0,45	0,90	1,01	0,98	-
Xj	5,40	4,99	5,51	4,90	4,27	4,38	3,93	2,67	4,09	5,36
Ij	0,94	0,53	1,05	0,44	-0,19	-0,04	-0,53	-1,79	-0,37	-

Примечание. Xj – средние данные исследуемого сорта; Xj – средние данные года исследований; Ij – индекс условий окружающей среды; HCP₀₅ – наименьшая существенная разница; st. – стандартный сорт.

Note. Xj – average data of the studied variety; Xj – average data of the year of research; Ij is the index of environmental conditions; HCP₀₅ – the smallest significant difference; st. – standard grade.

Таблица 2

Ранжирование по параметрам адаптивности содержания сырого жира в зерне сортов ярового овса
в среднем за 2011–2019 гг.

Ranking according to the parameters of adaptability of the crude fat content in grain of spring oat varieties on average for 2011-2019

Сорт	О		Ном		И		St ²		ПУСС, %		d, %		Σ рангов
	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	
Пленчатая группа													
Орион, st.	4,1	12	0,12	12	97,3	1	0,87	6	100,0	11	5,42	12	54
Иртыш 13	4,7	8	0,23	8	65,2	2	0,95	4	203,5	6	4,55	11	39
Иртыш 21	4,3	9	0,19	9	60,8	4	0,94	5	131,8	9	4,34	10	46
Иртыш 23	8,4	5	0,35	5	37,3	7	0,98	2	305,5	1	1,87	3	23
Тарский 2	6,5	6	0,28	7	35,7	8	0,97	3	141,3	9	3,18	4	37
Памяти Богачкова	4,2	11	0,16	11	65,0	3	0,94	5	90,3	12	3,68	5	47
Скакун	4,2	10	0,18	10	59,9	5	0,94	5	101,5	10	4,19	8	48
Факел	13,6	1	0,62	4	19,8	11	0,99	1	196,1	7	2,97	1	25
Сибирский Геркулес	6,4	7	0,29	6	44,3	6	0,97	3	193,4	7	3,05	4	33
Голозерная группа													
Сибирский голозерный, st.	11,9	2	0,82	1	18,8	12	0,99	1	100,0	8	2,27	2	26
Прогресс	9,7	3	0,64	2	25,4	10	0,99	1	62,5	12	2,96	3	31
S _∇	1,0	1,1	0,07	2,1	13,9	2,1	0,02	1,1	40,2	2,0	0,6	2,2	7,1

Примечание: X – значение показателя адаптивности; d – показатель размаха содержания сырого жира по В. А. Зыкину; O – индекс экологической пластичности по Д. И. Баранскому; Ном – гомеостатичность по В. В. Хангильдину; И – интенсивность признака по Р. А. Удачину; St² – относительная стабильность исследуемого признака (масличность зерна овса) по Н. А. Соболеву; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта по масличности зерна по методике Э. Д. Нettekича; S_x – относительная ошибка опыта; Σ – сумма

Note: X is the value of the adaptability indicator; d – indicator of the range of the content of crude fat according to V.A.Zykin; O – index of ecological plasticity according to D.I.Baransky; Nom – homeostaticity according to V.V. Khangildin; And – the intensity of the sign according to RA Udachin; St² – relative stability of the studied trait (oat grain oil content) according to N. A. Sobolev; PUSS is an indicator of the level of stability of a variety in terms of grain oil content according to the method of E. D. Nettekich; – relative error of experience; Σ – amount

по данному показателю стандарты (Орион – 97,3, Сибирский голозерный – 18,8).

По экологической стабильности признака [12] в пленчатой группе все исследуемые сорта достоверно превышали стандарт ($St^2 = 0,94–0,99$). В голозерной группе стабильность сорта Прогресс была на уровне стандарта ($St^2 = 0,99$).

Согласно расчетам показателя уровня стабильности сорта [13], достоверно превышают стандарт пленчатые сорта Иртыш 13, Иртыш 23, Памяти Богачкова и Факел (ПУСС = 193,4–305,5 %).

Определение поведения генотипов в широком диапазоне изменчивости условий среды одним или двумя способами для разносторонней оценки стабильности сортов неинформативно. Данное обстоятельство обусловлено тем, что различные методы, с одной стороны, позволяют более глубоко и всесторонне оценивать соответствующие свойства, а с другой – давать противоречивые результаты. Таким образом, рекомендуется прово-

дить ранжирование [17], учитывая, что 1-й ранг более высокий, а 12-й – более низкий. Ранжированная оценка сортов по показателям адаптивности и учет наименьшей суммы позволили выделить адаптивные сорта овса, способные реализовывать потенциальное содержание сырого жира в зерне.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, наиболее адаптивны по содержанию сырого жира в зерне для условий южной лесостепи Западной Сибири пленчатые сорта Иртыш 23 и Факел ($\sum$ рангов = 23 и 25). Следующая группа сортов менее адаптивна, по сравнению с предыдущей – Иртыш 13, Тарский 2, Памяти Богачкова и Сибирский Геркулес ($\sum$ рангов = 33–47) (рис. 3). В голозерной группе наиболее адаптивен стандартный сорт Сибирский голозерный ($\sum$ рангов = 26).

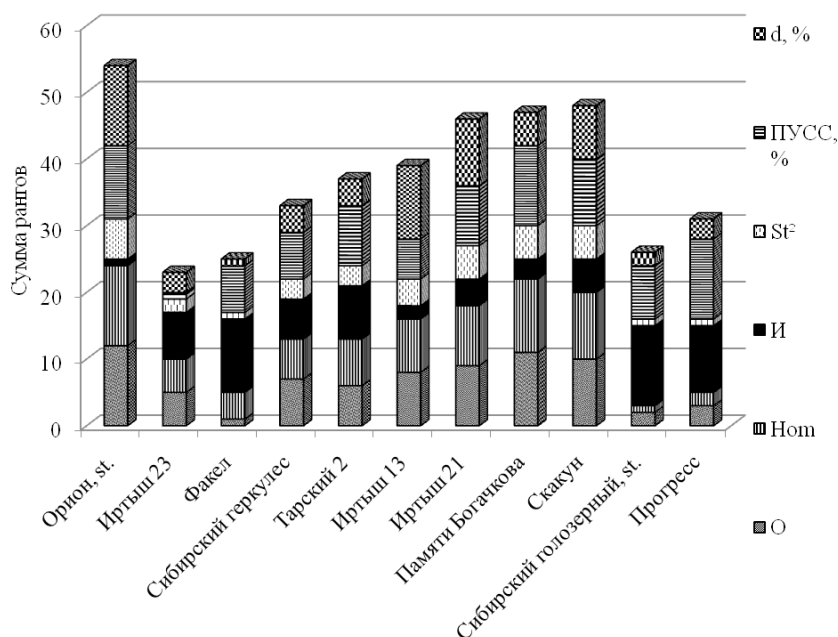


Рис. 3. Сумма рангов по параметрам адаптивности содержания сырого жира в зерне сортов ярового овса
The sum of the ranks according to the adaptability parameters of the crude fat content in the grain of spring oat varieties

ВЫВОДЫ

1. В среднем за 2011–2019 гг. содержание сырого жира в зерне овса составило 3,94 % в группе пленчатых сортов и 6,78 % в группе

голозерных. Максимальное содержание сырого жира в зерне овса наблюдалось в 2011 и 2013 гг. (4,92 и 5,04 % в пленчатой группе, 7,60 и 7,33 % – в голозерной).

2. Минимальный размах содержания сырого жира по В. А. Зыкину отмечен у сортов Иртыш 23 и Факел ($d = 1,87$ и $2,97\%$). Сорта Иртыш 23, Тарский 2, Факел, Сибирский Геркулес и Сибирский голозерный отличались пластичностью по Д. И. Баранскому ($O = 6,4-13,6$) и гомеостатичностью по В. В. Хангильдину ($Hom = 0,82$), также гомеостатичен сорт Иртыш 13 ($Hom = 0,23$). Стабильностью признака по Н. А. Соболеву характеризовались все сорта ($St^2 = 0,94-0,99$),

по Э. Д. Неттевичу – Иртыш 13, Иртыш 23, Памяти Богачкова и Факел ($ПУСС = 193,4-305,5\%$).

3. Наиболее адаптивны по содержанию сырого жира в зерне для условий южной лесостепи Западной Сибири пленчатые сорта Иртыш 23 и Факел (Σ рангов = 23 и 25). В голозерной группе наиболее адаптивен стандартный сорт Сибирский голозерный (Σ рангов = 26).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лоскутов И. Г., Полонский В. И. Селекция на содержание β -глюканов в зерне овса как перспективное направление для получения продуктов здорового питания, сырья и фуража // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – № 52 (4). – С. 646–657. – DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.646rus.
2. Полонский В. И., Лоскутов И. Г., Сумина А. В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 52 (4). – С. 646–657. – DOI 10.18699/VJ18.370.
3. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности / В. И. Полонский, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов, А. Г. Липшин, А. В. Сумина, С. Зюте // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2019. – № 23 (6). – С. 53–60. – DOI 10.18699/VJ19.541.
4. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточно-Сибирском регионе // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 4 (64). – С. 98–103.
5. Karsai, Meszaros, Lang. Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley // Plant Breeding. – 2001. – N 120 (3). – P. 217–222. – DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x.
6. Robinson L. H., Lahnstein J., Eglinton J. K. The Identification of a Barley Haze active Protein that influences Beer haze stability: Cloning and Characterisation of the Barley se Protein as a Barley Trypsin Inhibitor of the Chloroform. Methanol Type // Journal of Cereal Science. – 2007. – N 45 (3). – P. 343–352. – DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
7. Sarkar B. Identifying Superior feed Barley Genotypes using gebiplot for diverse Environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. – 2014. – N 1 (74). – P. 26–33. – DOI:10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
8. Зыкин В. А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. – Уфа: Изд-во Башк. гос. аграр. ун-та, 2005. – 99 с.
9. Баранский Д. И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // Відчіт. селекц. від. Одес. крайов. с.-г. досл. ст. – 1926. – Вып. II. – С. 81–91.
10. Хангильдин В. В., Асфондиярова Р. Р., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство. – 1997. – № 2. – С. 3–6.
11. Удачин Р. А., Головоченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 5. – С. 2–6.
12. Соболев Н. А. Проблема отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наук. думка, 1980. – С. 100–106.
13. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985.

15. *Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and huskless Forms of Oat* / M. G. Muslimov, N. S. Taimazova, G. I. Arnautova, B. G. Magaramov, K. U. Kurkiev // *International Journal of Ecology and Development*. – 2017. – N 32 (4). – P. 130–137.
16. *Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and huskless Forms of Oat* / M. B. Gadisovich, K. U. Kurkiev, M. G. Muslimov, N. S. Taimazova, G. I. Arnautova // *International Journal of Green Pharmacy*. – 2017. – N 11 (3). – P. 502–507.
17. *Екологічна стабільність елементів продуктивності сортів ячменя ярового і ефективність селекції на основі їх використання в гібридизації* / О. Е. Важенина, М. Р. Козаченко, Н. И. Васько, А. Г. Наумов // *Вісник Сумського національного аграрного університету*. – 2013. – № 11. – С. 164–169.

REFERENCES

1. Loskutov I. G. Polonskiy V. I. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2017, No. 52 (4), pp. 646–657. (In Russ.)
2. Polonskiy V. I., Loskutov I. G., Sumina A. V. *Vavilovskij žurnal genetiki i selekcii*, 2018, No. 22 (3), pp. 343–352. (In Russ.)
3. Polonskiy V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zute S. *Vavilovskij žurnal genetiki i selekcii*, 2019, No. 23 (6), pp. 53–60. (In Russ.)
4. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, No. 4 (64), pp. 98–103. (In Russ.)
5. Karsai, Meszaros, Lang. Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley. *Plant Breeding*, 2001, No 120 (3), pp. 217–222. DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x.
6. Robinson L. H., Lahnstein J., Eglinton J. K. The Identification of a Barley Haze active Protein that influences Beer haze stability: Cloning and Characterisation of the Barley se Protein as a Barley Trypsin Inhibitor of the Chloroform. Methanol Type. *Journal of Cereal Science*, 2007, No 45 (3), pp. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
7. Sarkar B. Identifying Superior feed Barley Genotypes using gebiplot for diverse Environments in India. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2014, No 1 (74), pp. 26–33. DOI:10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
8. Zykin V. A. *Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij* (Method of calculation and assessment of parameters of ecological plasticity of agricultural plants), Ufa, 2005? 99 p.
9. Баранский Д. И. *Bidchit. selekts. vid. Odes. krayov. c. – g. dosl. st.*, 1926, No. II, pp. 81–91.
10. Hangildin V. V., Asfondiyarov R. R., Sekatueva L. I. *Selektsiya i semenovodstvo*, 1997, No. 2, pp. 3–6. (In Russ.)
11. Udavin R. A., Golovochenko A. P. *Selektsiya i semenovodstvo*, 1990, No. 5, pp. 2–6. (In Russ.)
12. Sobolev N. A. Problema otbora i ocenki selekcionnogo materiala (Problem of selection and evaluation of selection material). Kiev: Sciences. Thoughts, 1980, pp 100–106.
13. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 1985, No. 1, pp. 66–73. (In Russ.)
14. Dosphehov B. A. *Metodika polevogo opyta* (Methods of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, pp. 35.
15. Muslimov M. G., Taimazova N. S., Arnautova G. I., Magaramov B. G., Kurkiev K. U. Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and huskless Forms of Oat. *International Journal of Ecology and Development*, 2017, No. 32 (4), pp. 130–137.
16. Gadisovich M. B., Kurkiev K. U., Muslimov M. G., Taimazova N. S., Arnautova G. I. Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and huskless Forms of Oat. *International Journal of Green Pharmacy*, 2017, No. 11 (3), pp. 502–507.
17. Важенина О. Е., Козаченко М. Р., Васько Н. И., Наумов А. Г. *Вісник Сумського національного аграрного університету*, 2013, No. 11, pp. 164–169.

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.32/.38.082.13:636.082.12

DOI:10.31677/2072-6724-2020-56-3-94-101

ПУХОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПО ПОЛИМОРФИЗМУ ГЕНА BLG И ГРУППАМ КРОВИ КОЗ ГОРНОГО АЛТАЯ

¹Г.М. Гончаренко, доктор биологических наук²Т.Б. Каргачакова, старший научный сотрудник¹Н.Б. Гришина, кандидат биологических наук¹Т.С. Хорошилова, научный сотрудник¹О.Л. Халина, младший научный сотрудник¹Сибирский федеральный научный центр
агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия²Горно-алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, п. Майма, Россия

E-mail: sibnptij@ngs.ru

Ключевые слова: козы, пуховая продуктивность, генотип, аллель, полиморфизм, гетерозиготность

Реферат. Представлены данные по пуховой продуктивности алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа в племенных стадах Республики Алтай. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, от козочек – 0,70–0,74 кг. Пуховая продуктивность соответствует требованиям стандарта породы, содержание пуха по отношению к ости находится в пределах 75 %, по тонине пух уравненный, густота оценивается в 4 балла. Живая масса козлов составляет 68–73, козоматок – 41–43 кг. В исследуемом гене BLG выявлено 2 аллеля и 3 генотипа, по частоте которых козы с серым и белым пухом имеют некоторые отличия. Белые козы характеризуются более высокой частотой генотипа S_1S_1 (на 8,3–11,5 %) и пониженной – генотипа S_2S_2 (на 14,1–17,4 %) в сравнении с козами с серым пухом ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$). Соответственно у коз белой пуховой породы выявлена более высокая частота аллеля S_1 (на 0,115–0,148), а у коз с серым пухом – аллеля S_2 (на 0,115–0,148, $P \geq 0,01$) в сравнении с альтернативным аллелем. Генное равновесие не нарушено ($\chi^2 = 0,530$ – $2,720$). Дана иммуногенетическая характеристика серых и белых коз по 14 антигенам. Козы алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа имеют сходство по антигенам Vi, R, O_r Da и различие по частотам антигенов групп крови Ab, Be, Bb, Bg, Ca. Стада коз алтайской белой пуховой породы отличаются по частотам Aa, Ab, Ca, Mb и O_r. Индекс генетического сходства между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород – 0,947–0,948.

DOWN PRODUCTIVITY AND GENOTYPIC CHARACTERISTICS OF BLG GENE POLYMORPHISM AND BLOOD GROUPS OF GOATS IN GORNY ALTAI

¹G.M.Goncharenko, Doctor of Biological Sciences

²T.B. Kargachakova, Senior Researcher

¹N.B. Grishina, Candidate of Biological Sciences

¹T.S. Khoroshilova, Researcher

¹O.L. Khalina, Junior Researcher

¹Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnology RAS, Novosibirsk, Russia

²Gorniy Altai Scientific Research Institute of Agriculture - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, Maima, Russia

Key words: goats, down productivity, genotype, allele, polymorphism, heterozygosity.

Abstract. The data on the down productivity of the Altai white down breed and the Gorniy Altai down breed of the Chuya type in breeding herds of the Altai Republic are presented. According to the valuation data for 2019, the amount of down from goats (male) was 1.50 - 1.55, from goats (female) - 0.70-0.74 kg. Down productivity meets the requirements of the breed standard, the content of down in relation to the awn is within 75%. The down is equalized in fineness. The density is estimated at 4 points. The live weight of goats (m) is 68-73, of goats (f) - 41-43 kg. In the studied BLG gene, 2 alleles and 3 genotypes were identified. The frequency of these alleles and genotypes in goats with gray and white down has some differences. White goats are characterized by a higher frequency of the S_1S_1 genotype (by 8.3–11.5%) and a lower frequency of the S_2S_2 genotype (by 14.1–17.4%) in comparison with goats with gray down ($P \leq 0.05$; $P \leq 0.01$). Accordingly, in goats of the white down breed, a higher frequency of the S_1 allele (by 0.115-0.148) was revealed, and in goats with gray down, the S_2 allele (by 0.115-0.148, $P \geq 0.01$) in comparison with the alternative allele. The gene balance is not disturbed ($\chi^2 = 0.530 - 2.720$). The immunogenetic characteristics of gray and white goats are given for 14 antigens. Goats of the Altai white downy breed and the Gorniy Altai downy breed of the Chuya type have a similarity in antigens Bi, R, O1, Da and a difference in the frequencies of antigens of blood groups Ab, Be, Bb, Bg, Ca. Herds of Altai white downy goats differ in frequencies Aa, Ab, Ca, Mb and O_1 . The genetic similarity index between herds of the Altai White Down breed is 0.985, between herds of different breeds - 0.947-0.948.

В последнее время козоводство как отрасль всё больше привлекает к себе внимание животноводов благодаря диетическим и лечебным свойствам козьего молока и ценности пуха, особенно белого. В России разводят семь пород и три типа коз шерстного, пухового и молочного направлений продуктивности, в том числе в Республике Алтай две породы: горно-алтайскую пуховую с серым пухом (чуйский высокогорный тип) и алтайскую белую [1, 2]. Республика Алтай располагает высокогорными пастбищами, благоприятными для коз, которые недоступны для других видов сельскохозяйственных животных, хорошо налаженным рынком сбыта пуха и кожевенного сырья и исторически сложившейся заня-

тостью населения в изготовлении этнических изделий из пуха, что обеспечивает экономические условия для эффективного развития козоводства.

Козий пух обладает исключительной тонинной, особой легкостью, мягкостью и малой теплопроводностью. У коз алтайской белой пуховой породы он не уступает пуху коз оренбургской пуховой породы, а по отдельным показателям (длине пуховых волокон, выходу пуха первого класса) превосходит его [3]. Средний начес пуха составляет 460 г (матки – 450–600, козлы – 700–900 г), что выше, чем у коз оренбургской породы (313,0 и 425,0 г соответственно), и на уровне прародительской придонской (305,0 и 910,0 г) [4]. Тем не менее

порода нуждается в улучшении качественных показателей белого пуха, в частности, снижении его тонины с целью преобразования пуха из кашгорского в кашмирский, который стоит на международном рынке в 2–5 раз дороже. Характерной особенностью современного козоводства является повышенный спрос на мясо, поэтому наряду с производством пуха уделяется внимание получению молодой козлятины.

С целью повышения эффективности традиционных методов селекции актуально использовать ДНК-маркёры, связанные с продуктивностью и качеством получаемой продукции, обеспечивающие более раннюю прогнозную оценку генетического потенциала животных. В настоящее время, несмотря на фрагментарность исследований, в литературе имеются обнадеживающие результаты по выявлению перспективных генов-кандидатов коз, таких как инсулиноподобный фактор роста I (IGF-I) и миостатин (MSTN) [5], ген κ-казеина [6–8]. Ведётся активный поиск использования гена BLG коз в генных конструкциях при получении животных, продуцирующих с молоком биологически активные белки диагностического и лечебного свойства [9].

Полиморфизм гена BLG и связь его генотипов с продуктивностью более широко изучены в молочных породах крупного рогатого скота [10–12]. Бета-лактоглобулин – основной сывороточный белок молока жвачных животных с молекулярной массой 35 кДа, который при низких и высоких значениях pH распадается на мономеры по 18 кДа. Содержание BLG в молоке коз и крупного рогатого скота составляет около 4 г/л, или 13–11 % от общего белка [13]. Локус BLG у козы и крупного рогатого скота находится на 11-й хромосоме, состоит из 7 экзонов и 6 интронов. Наиболее часто встречаемые у большинства пород крупного рогатого скота аллели – А и В, которые отличаются двумя аминокислотными заменами в положении 64 и 118 [14]. У коз при изучении одноимённого гена выявлено 4 аллеля – А, В, С, D, среди которых наиболее изучены А и В, составляющие соответственно 3 генотипа (АА, АВ, ВВ), определена их частот-

ность и связь с молочной продуктивностью, а также технологическими свойствами молока [10, 15]. Учитывая полиморфизм этого гена у коз и его влияние на качественный состав молока, можно предположить его влияние, как единственного корма в молочный период, на энергию роста молодняка, предопределяющую дальнейшее развитие организма и продуктивность козы, в том числе и пуховой.

Для характеристики генетического разнообразия овец и коз используется иммуногенетический анализ благодаря кодоминантной наследуемости и сравнительно лёгкому определению групп крови в лабораторных исследованиях.

Цель работы – дать сравнительную оценку пуховой продуктивности и генетических особенностей по полиморфизму гена BLG и группам крови коз Горного Алтая.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования служили козы алтайской белой пуховой породы в хозяйствах ООО «Кайрал» и ООО «Михаил» (n=283) и чуйский высокогорный тип серых пуховых коз горно-алтайской породы в хозяйстве СПК «Белтир» (n=120). Молекулярно-генетические исследования проведены в лаборатории биотехнологии СибНИПТИЖ СФНЦА РАН. ДНК выделяли из крови, консервированной ЭДТА КЗ, с использованием набора для экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио». Выявление полиморфизма коз по гену BLG проведено с использованием амплификатора C1000 BioRad [16]. Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции SacII (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 2 %-м агарозном геле в УФ-свете.

Иммуногенетическое тестирование проводили 14 сыворотками-реагентами производства лаборатории иммуногенетики

Ставропольского НИИ овцеводства и козоводства.

По данным зоотехнического учёта у коз учитывали начёс пуха, его длину, тонину, содержание и густоту пуха. Частоты аллелей и генотипов, их ошибку вычисляли по формулам [17]. Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Козы Горного Алтая имеют высокую пуховую продуктивность. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, козочек – 0,70–0,74 кг (табл. 1). Более длинный пух (на 11,5%) получен от козлов алтайской белой пуховой породы в ООО «Михаил», у козоматок сравнимых пород длина пуха одинаковая. Содержание

Таблица 1

Пуховая продуктивность коз Горного Алтая (бонитировка 2019 г.)
Down productivity of Gorny Altai goats (grading 2019)

Показатель	ООО «Кайрал»	ООО «Михаил»	СПК «Белтир»
Начёс пуха, кг			
козлы	1,50	1,50	1,55
козоматки	0,74	0,70	0,75
Длина пуха, см			
козлы	11,5	13,0	12,0
козоматки	10,0	10,0	10,0
Содержание пуха, %	75	75	75
Тонина пуха, баллов	T+ (5,3%) T (93,4%) T- (1,3%)	T+ (8,8%) T (91,2%)	T+ (5,2%) T (94,8%) –
Густота пуха, баллов	ММ (7,7%) М+ (82,4%) М (9,9%)	ММ (7,4%) М+ (84,8%) М (7,8%)	ММ (7,9%) М+ (87,4%) М (4,7%)
Живая масса козлов, кг	68	72	73
Живая масса козоматок, кг	41,0	43,0	42,0

Примечание: Тонина: Т+ (5 баллов) – очень тонкий; Т (4 балла) – пух отвечает требованиям стандарта породы; Т- (3 балла) – пух грубый; густота: ММ (5 баллов) очень густой пух; М+ (4 балла) пух густой; М (3 балла) пух удовлетворительной густоты.

пуха – в пределах 75%, по тонине пух уравнированный и в основном соответствует требованиям стандарта породы. У подавляющего большинства животных пух густой, хотя встречается около 7–8% животных с очень густым пухом (5 баллов) и 5–10% животных имеют более редкий пух (3 балла). По живой массе козлы и козоматки выравненные.

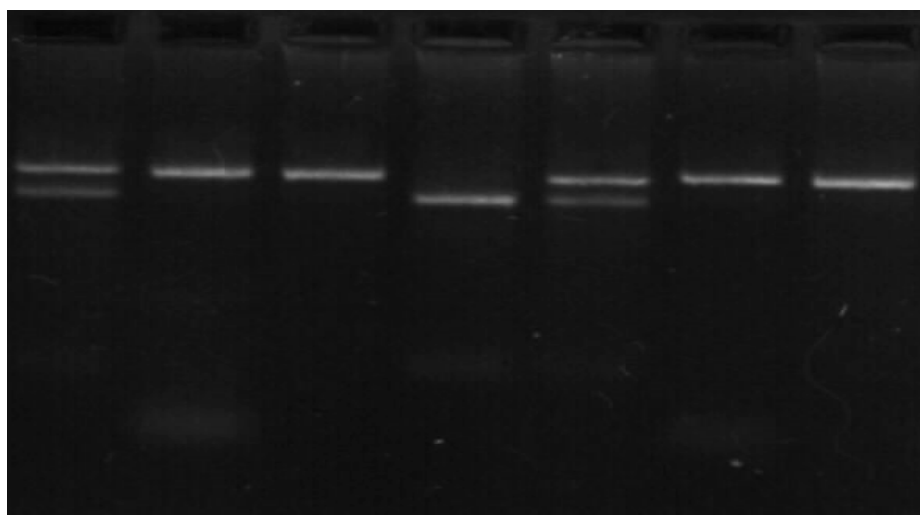
С целью изучения генетического разнообразия, отличительных особенностей серых и белых пуховых коз животных протестировали по гену β-лактоглобулина (BLG). При проведении ПЦР был получен фрагмент длиной 426 п.о., после рестрикции которого эндонуклеазой SacIIRFLP получены фрагменты 349 и 77 п.о. для генотипа S₁S₁, 426,349 и 77 п.о. – для генотипа S₁S₂, 426 п.о. – для геноти-

па S₂S₂. Дизайн результатов ПЦР-ПДРФ представлен на рисунке.

Сравнительная оценка полиморфизма гена β-лактоглобулина (BLG) в стадах пуховых коз Республики Алтай показала, что генотип S₁S₁ встречается чаще у коз алтайской белой пуховой породы на 8,3 и 11,5% (P≤0,01), чем у серых пуховых коз чуйского типа (СПК «Белтир»). Частота генотипа S₂S₂ серых пуховых коз превосходит на 14,1–17,4% белых (P≤0,05; P≤0,01). Существенных отличий по гетерозиготному генотипу S₁S₂ между белыми и серыми козами не выявлено (табл. 2).

Варьирование частоты аллеля S₁ находилось в диапазоне от 0,428 до 0,280% (табл. 3).

У всех животных наблюдалось преобладание аллеля S₂ над аллелем S₁. При этом следует отметить, что козы белой пуховой поро-



Электрофоретическое разделение фрагментов рестрикции гена BLG: дорожки 1 и 5 – генотип S_1S_2 ; дорожки 2,3,6,7 – генотип S_2S_2 ; дорожка 4 – генотип S_1S_1
Electrophoretic separation of restriction fragments of the BLG gene: lanes 1 and 5 - genotype S_1S_2 ; lanes 2,3,6,7, S_2S_2 genotype; lane 4 - genotype S_1S_1

Таблица 2

Частота генотипов гена BLG коз алтайской белой пуховой и горно-алтайской серой пуховой породы чуйского типа, %

Frequency of genotypes of the BLG gene of goats of the Altai white down and Gorny Altai gray down breeds of the Chuya type, %

Хозяйство	n	Генотип		
		S_1S_1	S_1S_2	S_2S_2
ООО «Кайрал»	181	13,30±2,50	52,50±3,70	34,20±3,50
ООО «Михаил»	97	16,50±3,80	52,50±5,10	30,90±4,70
СПК «Белтир»	120	5,00±1,99	46,70±4,55	48,30±4,56

Таблица 3

Частота встречаемости аллелей по гену BLG у исследованных коз
Frequency of occurrence of alleles for the BLG gene in the studied goats

Хозяйство	n	Аллель		χ^2
		S_1	S_2	
ООО «Кайрал»	181	0,395±0,03	0,605±0,03	1,743
ООО «Михаил»	97	0,428±0,04	0,572±0,04	0,530
СПК «Белтир»	120	0,280±0,029	0,720±0,029	2,720

ды характеризовались более высокой частотой аллеля S_1 (на 0,115–0,148), тогда как у коз с серым пухом чаще на 0,115–0,148 встречался аллель S_2 ($P < 0,01$). Генное равновесие не нарушено ($\chi^2 = 0,530–2,720$).

Иммуногенетический профиль серых и белых пуховых коз характеризуется определённым разнообразием как по стадам, так и в породном аспекте (табл. 4).

Козы чуйского высокогорного типа серых пуховых коз горно-алтайской породы отли-

чаются более низкой частотой антигена Ab (на 10,7–25%) и антигена Be (на 40,9–48,0%), чем стада коз алтайской белой пуховой породы ($P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$). В то же время ряд антигенов у серых коз встречается чаще, чем у белых. Так, антиген Bb выявлен у 92,0% животных, что выше, чем у коз с белым пухом, в 2 раза ($P < 0,001$). У них отмечена повышенная концентрация антигена Bg на 15–25,6% и антигена Ca на 22,1–39% по сравнению с белыми козами ($P < 0,05$; $P < 0,001$). Следует

Таблица 4

Генетическая характеристика коз по группам крови
Genetic characteristics of goats by blood group

№ п/п	Аллель	СПК «Белтир» (n=100)	ООО «Михаил» (n=100)	ООО «Кайрал» (n=96)
1	Aa	51,0±5,0	43,0±5,0	75,0±4,4
2	Ab	67,0±4,7	82,0±3,8	92,7±2,7
3	Bb	92,0±2,7	43,0±5,0	44,8±5,1
4	Bd	100,0±0,0	76,0±4,3	70,8±4,6
5	Bi	68,0±4,7	69,0±4,7	74,0±4,5
6	Be	32,0±4,7	80,0±4,0	72,9±4,5
7	Bg	62,0±4,8	47,0±5,0	36,4±4,9
8	Ca	95,0±2,2	56,0±5,0	72,9±4,5
9	Cb	97,0±1,7	88,0±3,2	95,2±2,2
10	Ma	79,0±4,1	97,0±1,7	89,6±3,1
11	Mb	76,0±4,3	64,0±4,8	88,5±3,3
12	R	11,0±3,1	11,0±3,1	16,6±3,8
13	O ₁	100,0±0,0	97,0±1,7	89,8±3,1
14	Da	10,0±3,0	12,0±3,2	8,3±2,8

отметить характерную особенность генетического профиля чуйского высокогорного типа серых пуховых коз по 100%—му носительству антигенов Bd и O₁.

В разрезе стад одной породы по частоте антигенов также выявлены различия. Так, у коз алтайской белой пуховой породы стада ООО «Кайрал» наблюдалась более высокая частота антигена Aa — на 32% ($P<0,001$), Ab — на 10,7, Ca — на 16,9% ($P<0,05$), а антигена Mb — на 24,5% ($P<0,001$) в сравнении со стадом ООО «Михаил». При этом отмечена более высокая концентрация антигена O₁ у коз стада ООО «Михаил», чем в другом стаде этой же породы. Превышение составляет 7,2% ($P<0,05$).

На основании частот 14 антигенов вычислен индекс генетического сходства, который между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород — 0,947–0,948.

ВЫВОДЫ

1. Козы алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа в племенных стадах Республики Алтай имеют высокую пуховую продуктивность. По данным бонитировки 2019 г., начёс пуха от козлов составлял 1,50–1,55, козочек — 0,70–0,74 кг. Пуховая продуктивность соответ-

ствует требованиям стандарта породы, содержание пуха по отношению к ости находится в пределах 75%, по тонине пух уравненный, густота оценивается в 4 балла. Живая масса козлов составляет 68–73, козоматок — 41–43 кг.

2. Козы с серым и белым пухом имеют генетические отличия по полиморфизму гена BLG. Козы с белым пухом характеризуются более высокой частотой генотипа S₁S₁ (на 8,3–11,5%) и пониженной встречаемостью генотипа S₂S₂ (на 14,1–17,4%) в сравнении с козами с серым пухом ($P\leq 0,05$; $P\leq 0,01$). Соответственно у коз алтайской белой пуховой породы выявлена более высокая частота аллеля S₁ (на 0,115–0,148), а у коз горно-алтайской породы с серым пухом — частотность аллеля S₂ (на 0,115–0,148, $P\geq 0,01$). Генное равновесие не нарушено ($\chi^2=0,530-2,720$).

3. Выявлен антигенный спектр по 14 антигенам коз алтайской белой пуховой породы и горно-алтайской пуховой породы чуйского типа. Они имеют сходство по антигенам Bi, R, O₁, Da и различие по частотам антигенов группы крови Ab, Be, Bb, Bg, Ca. Стада коз алтайской белой пуховой породы отличаются по частотам антигенов Aa, Ab, Ca, Mb и O₁. Индекс генетического сходства между стадами алтайской белой пуховой породы составляет 0,985, между стадами разных пород — 0,947–0,948.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каргачакова Т.Б., Чикалев А.И. Состояние овцеводства и козоводства в Республике Алтай // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 4. – С. 10–12.
2. Инструкция по бонитировке коз с основами племенной работы: утв. Гос. агропром. ком. СССР 14.04.1986 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msh.mosreg.ru/>
3. Каргачакова Т.Б., Чикалев А.И., Подкорытов А.Т. Оценка технологического качества пуха алтайской белой пуховой породы коз // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XII междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 7–8 февр. 2017 г. – Барнаул, 2017. – С. 132–133.
4. Петров Н.И. Сохранение генофонда коз оренбургской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 157–159.
5. Анализ полиморфизма генов MSTN и IGF-I у коз зааненской породы / М.В. Позовникова, Т.А. Ларкина, А.А. Крутикова, Е.В. Никиткина, С.В. Тимофеева // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 4. – С. 22–24.
6. Genetic diversity in milk proteins among goats breed in Lithuania / L. Baltreinaite, S. Kerziene, K. Morkuniene, I. Miceiklene // Acta Universitatis Latviensis. – 2009. – № 753. – P. 117–124.
7. Kappa-casein gene polymorphism in Indian goats / A. Kumar, P.K. Rout, A. Mandal, R. Roy // Indian Journal of biotechnology. – 2017. – № 8. – P. 214–217.
8. Frequency and association of polymorphisms in CSN3 gene with milk yield and composition in Saanen goats / L.D. Catota-Gómez, G.M. Parra-Bracamonte, E.G. Cienfuegos-Rivas, J. Hernández-Meléndez, A. Sifuentes-Rincón, J.C. Martínez-González // Ecosistemas Recursos Agropecuarios. – 2017. – № 4 (12). – P. 411–417.
9. Использование гена бета-лактоглобулина при получении рекомбинантных белков – от старых технологий трансгенеза к методам редактирования генома / Т.П. Трубицина, В.П. Рябых, Е.М. Колоскова, В.А. Езерский, С.В. Максименко // Проблемы биологии продуктивности животных. – 2018. – № 3. – С. 15–34.
10. Погорельский И.А., Позовникова М.В. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина (β LG) в стаде крупного рогатого скота черно-пестрой породы и взаимосвязь его генотипов с показателями молочной продуктивности // Генетика и разведение животных. – 2014. – № 1. – С. 45–47.
11. Genetic variants of k-casein and β -lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang, West Java / A. Anggraeni, H.S. Nury, E. Andreas, C. Sumantri // 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences. – 2017. – P. 86–94.
12. Характеристика быков-производителей с комплексными генотипами генов BLG И INOS по молочной продуктивности женских предков / Х.Х. Гильманов, С.В. Тюлькин, И.В. Ржанова, Р.Р. Вафин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2020. – Т. 241, № 1. – С. 71–75.
13. Значение бета-лактоглобулина в белковом составе козьего молока / Р.А. Хаертдинов, Г.М. Закирова, И.Н. Камалдинов, А.Г. Фатихов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины. – 2017. – Т. 229, № 1. – С. 58–61.
14. Caroli A. M., Chessa S., Erhardt G. J. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition // J. Dairy Sci. – Vol. 92. – P. 5335–5352. – DOI: 10.3168/jds.2009–246.
15. Оценка молочной продуктивности и качества молока коз в зависимости от породы и генотипа по гену BLG (бета-лактоглобулина) / А.С. Шувариков, О.Н. Пастух, Е.В. Жукова, Н.А. Жижин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 130–148.
16. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the β -lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed // Asian Jornal of Animal and Veterinary. Advances. – 2009. – № 4 (3). – P. 130–133.
17. Животовский Л.А., Сороковой П.Ф., Машуров А.М. О вычислении индексов сходства между популяциями животных по частотам генов, контролирующих полиморфные признаки // Генетика. – 1973. – Т. 4. – № 4. – С. 122–127.

REFERENCES

1. Kargachakova T. B., Chikalev A. I., *Ovcy, kozy, sherstjanoedelo*, 2018, No. 4, pp. 10–12. (In Russ.)
2. <https://msh.mosreg.ru>
3. Kargachakova T. B., Chikalev A. I., Podkorytov A. T. *Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu*, Proceedings of the Conference Title, Barnaul, 2017, pp. 132–133. (In Russ.)
4. Petrov N. I., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 4, pp. 157–159. (In Russ.)
5. Pozovnikova M. V., Larkina T. A., Krutikova A. A., Nikitkina E. V., Timofeeva S. V., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2019, No. 4, pp. 22–24. (In Russ.)
6. Baltrenaite L., Kerziene S., Morkuniene K., Miceiklene I. Genetic diversity in milk proteins among goats breed in Lithuania. *Acta Universitatis Latviensis*, 2009, No. 753, pp. 117–124.
7. Kumar A., Rout P. K., Mandal A., Roy R. Kappa-casein gene polymorphism in Indian goats. *Indian Journal of biotechnology*, 2017, No. 8, pp. 214–217.
8. Catota-Gómez L. D., Parra-Bracamonte G. M., Cienfuegos-Rivas E. G., Hernández-Meléndez J., Sifuentes-Rincón A., Martínez-González J. C. Frequency and association of polymorphisms in CSN3 gene with milk yield and composition in Saanen goats. *Ecosistemas Recursos Agropecuarios*, 2017, No. 4 (12), P. 411–417.
9. Trubicina T. P., Rjabyh V. P., Koloskova E. M., Ezerskij V. A., Maksimenko S. V., *Problemy biologii produktivnosti zhivotnyh*, 2018, No. 3, pp. 15–34. (In Russ.)
10. Pogorel'skij I. A., Pozovnikova M. V. *Genetika i razvedenie zhivotnyh*, 2014, No. 1, pp. 45–47. (In Russ.)
11. Anggraeni A., Nury H. S., Andreas E., Sumantri C. Genetic variants of k-casein and β -lactoglobulin genes and their association with protein and milk components of Holstein Friesian cows at small farmers in Lembang, West Java. *2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, KnE Life Sciences*, 2017, P. 86–94.
12. Gil'manov H. H., Tjul'kin S. V., Rzhanova I. V., Vafin R. R., *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Je. Baumana*, 2020, T. 241, No. 1, pp. 71–75. (In Russ.)
13. Haertdinov R. A., Zakirova G. M., Kamaldinov I. N., Fatihov A. G., *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny*, 2017, T. 229, No. 1, pp. 58–61. (In Russ.)
14. Caroli A. M., Chessa S., Erhardt G. J. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *J. Dairy Sci.*, Vol. 92, P. 5335–5352. DOI: 10.3168/jds.2009–246.
15. Shuvarikov A. S., Pastuh O. N., Zhukova E. V., Zhizhin N. A. *Izvestija Timirjazevskoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 2019, No. 3, pp. 130–148. (In Russ.)
16. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the β -lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed. *Asian Journal of Animal and Veterinary. Advances*, 2009. № 4 (3), P. 130–133.
17. Zhivotovskij L. A., Sorokovoj P. F., Mashurov A. M. *Genetika*, 1973, T. 4, No. 4, pp. 122–127. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ЛОШАДЕЙ ЯКУТСКОЙ ПОРОДЫ**Л. П. Корякина**, кандидат ветеринарных наукАрктический государственный агротехнологический
университет, Якутск, Россия
E-mail: koryrinalp_2017@mail.ru**Ключевые слова:** табунное ко-
неводство, холодный период,
гемоглобин, сыворотка крови,
альбумины, глобулины

Реферат. *Табунное коневодство в Якутии развивается главным образом как мясная отрасль. Лошади якутской породы характеризуются высокими приспособительными качествами к экстремальным условиям среды, а также хорошей нагульной и нажировочной способностью. Показано, что у якутских лошадей, разводимых в условиях Вилуйской зоны (Западная зона), показатели красной крови более высокие: количество эритроцитов на 11,7%, а уровень гемоглобина – на 7,3% достоверно выше ($P < 0,001$), чем таковые у лошадей в Центральной зоне. Однако количество лейкоцитов в крови у лошадей Центральной зоны было выше на 5,4%, чем у лошадей Вилуйской зоны (разница недостоверна). В зависимости от зоны разведения в лейкограмме выявлены достоверно значимые отличия: у лошадей Вилуйской зоны содержание базофилов выше более чем в 2 раза ($P < 0,01$), сегментоядерных нейтрофилов – на 25,8% ($P < 0,001$), чем у лошадей из Центральной зоны. Установлено, что у якутских лошадей в зимний период содержание общего белка выше на 25,19%, чем весной ($P < 0,001$). Также отмечают достоверно более высокие показатели по белковым фракциям: α_1 -глобулина – на 29,95% ($P < 0,05$), β - и $\gamma_{1,2}$ -глобулинов – на 16,69 и 42,29; 40,2% ($P < 0,001$) соответственно по сравнению с таковыми в весенний период. Таким образом, экстремальные природно-климатические условия Якутии создают чрезвычайно тяжёлые условия для существования якутской лошади, в особенности в зимний период во время тебенёвки, когда животные находятся на подножных кормах естественных угодий. При этом активность иммунной системы обеспечивает высокие приспособительные качества якутской лошади в холодный период.*

INFLUENCE OF THE COLD SEASON ON THE MORPHOPHYSIOLOGICAL STATUS OF HORSES OF THE YAKUT BREED**L.P. Koriakina**, Candidate of Veterinary Sciences

Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia

Key words: herd horse breeding, cold season, hemoglobin, blood serum, albumin, globulins.

Abstract. *Herd horse breeding in Yakutia is developing mainly as a meat industry. Horses of the Yakut breed are characterized by high adaptive qualities to extreme environmental conditions, as well as good feeding and fattening ability. It has been shown that Yakut horses bred in the Vilyui zone (Western zone) have higher red blood counts: the number of erythrocytes is 11.7% and the hemoglobin level is 7.3% significantly higher ($P < 0.001$) than those in horses in the Central Zone. However, the number of leukocytes in the blood of the horses of the Central zone was 5.4% higher than that of the horses of the Vilyui zone (the difference is not significant). Depending on the breeding zone, reliably significant differences were revealed in the leukogram: in horses of the Vilyui zone, the content of basophils is more than 2 times higher ($P < 0.01$), segmented neutrophils - by 25.8% ($P < 0.001$).*

than in horses from Central zone. It was found that in Yakut horses in winter, the total protein content is 25.19% higher than in spring ($P < 0.001$). There are also significantly higher indicators for protein fractions: α_1 -globulin - by 29.95% ($P < 0.05$), β - and $\gamma_{1,2}$ -globulins - by 16.69 and 42.29; 40.2% ($P < 0.001$), respectively, compared with those in the spring. Thus, the extreme natural and climatic conditions of Yakutia create extremely difficult conditions for the existence of the Yakut horse, especially in the winter period during the nursery, when the animals are on pasture of natural lands. At the same time, the activity of the immune system provides high adaptive qualities of the Yakut horse in the cold season.

Табунное коневодство в Якутии – традиционное занятие народа саха, ориентированное в основном на производство мяса. Отрасль развивается на базе естественных кормовых угодий [1]. В Якутии естественные луга и пастбища занимают обширные площади, которые дают до 85% всех кормов. Значительные массивы лугопастбищных угодий (90%) сосредоточены в Центральной Якутии [2]. Более 80% годовой потребности в энергии и питательных веществах лошади якутской породы получают с пастбищным кормом [3].

Современная якутская лошадь относится к лесным породам. В условиях мелкоконтурности и разбросанности угодий в Якутии применяется вольно-косячное содержание лошадей [4], предусматривающее свободное круглогодичное перемещение по пастбищам отдельных косяков, состоящих из 12–15 кобыл с жеребцом-производителем [3].

Табунное коневодство развито преимущественно в центральных, западных и северных улусах республики [1]. После утверждения в 1987 г. якутской породы лошадей в результате 20-летней селекционно-племенной работы в 2010 г. были выведены мегежекская и приленская породы, янский и колымский типы якутской породы лошадей [3, 5].

Установлено, что у арктических видов животных в зимнее время уровень обмена веществ не повышается. При этом индекс внутренних органов (сердце, печень, почки, легкие), участвующих в процессе теплообразования, не отличается от таковых у животных умеренных широт [6].

Почти вся территория Якутии находится в зоне сплошного залегания многолетнемерзлых пород, где продолжительность холодного

периода (ниже 0 °C) около 220 дней. Средняя температура зимних месяцев колеблется от –35 до –45 °C, а температура самого теплого месяца (июль) +18...+19 °C. Осадков выпадает мало, что объясняется господством антициклонического состояния погоды и большой сухостью приходящих воздушных масс. Благодаря малоснежной зиме лошади свободно добывают корм из-под снега [7].

Большая часть зимнего кормового запаса на тебеневочных пастбищах представлена побуревшими остатками растений, в которых содержание азотистых веществ по сравнению с летом ниже в 2–6 раз [8]. При тебеневке молодняка на естественных мелкодолинных лугах кальция поступает с кормом в 2,3 раза больше, а фосфора – в 2,7 раза меньше рекомендуемых норм [4].

Несомненно, что столь разнообразные, чрезвычайно суровые природно-климатические и кормовые условия должны отразиться на морфофизиологических показателях крови якутской лошади.

Цель исследований – изучить морфофизиологический статус лошадей якутской породы в холодный период года, разводимых в Центральной и Вилуйской зонах Якутии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на кафедре физиологии сельскохозяйственных животных и экологии ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет». Объекты исследования – клинически здоровые лошади якутской породы, разводимые в Центральной и Вилуйской зонах Якутии. В каждой зоне были сформированы по принципу аналогов группы животных по 50 голов в возрасте

5–6 лет, находящиеся в обычных условиях содержания.

Для лабораторных исследований кровь из яремной вены брали в стерильные вакуумные пробирки с антикоагулянтом (ЭДТА). В исследуемых пробах стабилизированной крови определяли общее количество эритроцитов ($10^{12}/л$) и лейкоцитов ($10^9/л$), уровень гемоглобина (г/л). Измерения проводили автоматическим гематологическим анализатором Cobas Minos Stex (проточный цитометр). Количественное определение белковых фракций в сыворотке крови проводили по методике В.М. Чекишева в электрофоретической камере УНИФО (1997). В мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимза, подсчитывали количество лейкоцитов (100 клеток) и выводили лейкоцитарную формулу – процентное соотношение отдельных видов лейкоцитов [9].

Цифровой материал экспериментальных данных обработан методом вариационной статистики на достоверность, различия срав-

нимых показателей определены с использованием критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 1991 г. в республике насчитывалось более 200 тыс. голов якутских лошадей. Однако в конце 90-х гг. произошел значительный спад поголовья и в 1999 г. численность лошадей составила около 120 тыс. голов. В течение последних 10 лет отмечается положительная тенденция в численности поголовья – ежегодно поголовье якутских лошадей увеличивается в среднем на 5–6 % (рис. 1).

В настоящее время поголовье лошадей составляет 181505 голов, в том числе кобыл – 110155, или 60,7 % от общего поголовья. Наибольшее поголовье лошадей сосредоточено в улусах Центральной зоны Якутии: Чурапчинском (10,4 %), Мегино-Кангаласском (8,2 %), Хангаласском (7,9 %), Таттинском (6,7 %), Намском (6,8 %) и Амгинском (6,6 %).

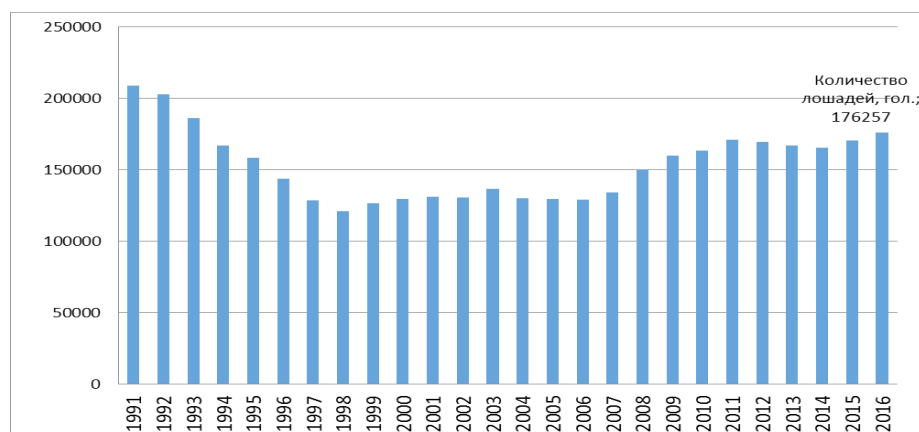


Рис. 1. Динамика поголовья лошадей в Якутии за 1991–2016 гг.

Dynamics of the number of horses in Yakutia for 1991–2016.

В табунном коневодстве Якутии при разведении якутских лошадей используется всего 47 линий (табл. 1).

Самое большое количество линий отмечается в якутской породе – 36, поскольку эта порода имеет наибольшую численность поголовья и ее удельный вес почти 80 % (145117 гол.), а в остальных породах – 11 линий. Так, в мегежекской породе лошадей используется 5 линий, её удельный вес – 12,8 % (23198

гол.), в приленской породе соответственно 6 и 7,3 % (13190 гол.).

Основной особенностью природно-климатических условий Якутии является резко-континентальный климат, малое количество осадков и достаточно высокое расположение территорий над уровнем моря [7].

Анализ многолетних метеорологических данных (2010–2018 гг.) показал, что среднегодовая температура воздуха характеризует-

Таблица 1

Линии лошадей по породам и типам в племенных коневодческих хозяйствах Республика Саха (Якутия)
Horse lines by breeds and types in horse breeding farms Republic of Sakha (Yakutia)

Порода	Тип	Линии, ед.	Поголовье, гол.	Удельный вес, %
Мегежекская	-	5	23198	12,8
Приленская	-	6	13190	7,3
Якутская	-	21	116086	63,9
Якутская	Янский	12	26820	14,8
Якутская	Колымский	3	2211	1,2
Итого	х	47	181505	100

ся отрицательным значением и составляет $-10,10 \pm 0,51^\circ\text{C}$. При этом в годовой динамике в течение 7 месяцев (с октября по апрель) на всей территории Якутии устанавливаются отрицательные среднемесячные температуры воздуха (табл. 2).

Выявлено, что в течение холодного периода среднемесячная температура воздуха колеблется в широком диапазоне: от $-7,1 \pm 0,34$

(апрель) до $-41,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ (январь). При этом влажность воздуха в среднем составляет $72,28 \pm 1,80\%$. Особенно сильные морозы наблюдаются в декабре–январе. Средняя многолетняя температура декабря и января составляет $-40,5 \pm 0,66$, в отдельные годы морозы достигают $-59,8 \dots -63,0^\circ\text{C}$.

Наиболее стабильным показателем в самые холодные месяцы года является от-

Таблица 2

Динамика среднемесячной температуры воздуха в холодный период года в Центральной Якутии
Dynamics of the average monthly air temperature in the cold season in Central Yakutia

Месяц	Среднемесячная температура, $^\circ\text{C}$	Относительная влажность воздуха, %	Абсолютные показатели	
			максимум, $^\circ\text{C}$	минимум, $^\circ\text{C}$
Октябрь	$-8,20 \pm 0,66$	$77,00 \pm 2,12$	18,6	-40,8
Ноябрь	$-28,30 \pm 0,27$	$77,00 \pm 2,79$	-3,9	-54,6
Декабрь	$-39,30 \pm 0,94$	$75,00 \pm 1,44$	-3,9	-59,8
Январь	$-41,80 \pm 0,38$	$74,00 \pm 2,15$	-5,8	-63,0
Февраль	$-35,80 \pm 0,42$	$74,00 \pm 0,98$	-2,0	-64,4
Март	$-22,00 \pm 0,81$	$69,00 \pm 1,34$	12,4	-54,9
Апрель	$-7,10 \pm 0,34$	$60,00 \pm 1,78$	21,1	-41,0
Среднее за период	$-26,07 \pm 0,54$	$72,28 \pm 1,80$	+21,1	-64,4

носительная влажность воздуха, которая в это время почти не изменяется и держится в пределах 74–75%. Среднее годовое количество осадков в Центральной зоне составляет 202 мм, в том числе за холодный период (с ноября по март) – 36 мм (17,8%).

Средняя многолетняя температура декабря и января в Вилуйской зоне колеблется от $-35,9$ (декабрь) до $-38,2^\circ\text{C}$ (январь), среднегодовая температура воздуха составляет $-9,8^\circ\text{C}$. При этом отмечаются абсолютный максимум $+37^\circ\text{C}$, минимум -63°C . Среднее годовое количество осадков в Вилуйской зоне 243 мм, в том числе за холодный период – 52 мм (21,4%).

В холодный период года в Вилуйской зоне количество выпадающих осадков значительно больше, чем в Центральной зоне, – на 44,5%. Как правило, в зимние месяцы снегопады наблюдаются при большой облачности и сопровождаются общим потеплением воздуха, что связано с проникновением на территорию Якутии теплых и влажных тихоокеанских воздушных масс [7].

Установлено, что с середины января и в феврале наблюдается снижение упитанности лошадей, особенно у старых кобыл. При воздействии низких температур воздуха потребность в обменной энергии повышается примерно на 25–30% [3]. В связи с этим

требуется дополнительное поступление энергопластических материалов для оптимизации функционирования систем организма. Поэтому в течение всего холодного периода года для табунных лошадей организуют несколько профилактических подкормок продолжительностью от 4 до 10 дней. В зависимости от погодных условий, упитанности лошадей и кормовых условий тебеновочных пастбищ первую подкормку в хозяйствах начинают уже в ноябре, с наступлением первых сильных морозов. Следует отметить, что особенно сложно переносят суровые условия

тебеновки молодняк (1–1,5 года), который впервые самостоятельно зимует на пастбище, в силу возрастных и физиологических особенностей организма.

В период подкормки молодняку рекомендуют скармливать по 8 кг сена и 2,5 кг зернофуража на одну голову в сутки, продолжительность подкормки – 20–30 дней [3].

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что все гематологические показатели у животных соответствовали физиологическим нормативам, принятым для лошадей (табл. 3).

Таблица 3

Гематологические показатели лошадей якутской породы по зонам разведения
Hematological parameters of horses of the Yakut breed by breeding zones

Показатели	Зона разведения		В среднем
	Центральная ($M_1 \pm m_1$)	Вилуйская ($M_2 \pm m_2$)	
Гемоглобин, г/л	114,0 $\pm$ 0,38*	123,0 $\pm$ 0,25	118,5 $\pm$ 0,31
Эритроциты, $10^{12}/л$	6,2 $\pm$ 0,31	7,02 $\pm$ 0,72	6,61 $\pm$ 0,51
Лейкоциты, $10^9/л$	11,84 $\pm$ 0,56	11,2 $\pm$ 1,46	11,52 $\pm$ 1,01

* $P < 0,001$.

Установлено, что у лошадей, разводимых в условиях Вилуйской зоны, отмечаются достоверно более высокие показатели по количеству эритроцитов – на 11,7%, уровню гемоглобина – на 7,3% ($P < 0,001$) по сравнению с таковыми у лошадей из Центральной зоны. Вероятно, это связано с более благоприятными тебеновочными условиями вследствие мягкой зимы, которая связана с географическим расположением Вилуйской зоны в западной части региона. Однако количество лейкоцитов в крови у популяций лошадей из Центральной зоны было на 5,4% выше, чем у лошадей Вилуйской зоны. Следует указать, что у лошадей из Центральной зоны количество лейкоцитов в крови близко к верхним границам нормы, а количество эритроцитов, наоборот, соответствует лишь её нижним границам (норма 7–12 $\cdot$ 10⁹/л; 6–9 $\cdot$ 10¹²/л).

По зонам разведения у табунных лошадей в лейкоцитарной формуле выявлены достоверно значимые отличия в содержании таких клеточных субпопуляций лейкоцитов, как базофилы и нейтрофилы (табл. 4).

Так, содержание в лейкограмме базофилов у лошадей из Вилуйской зоны выше более чем в 2 раза ($P < 0,01$), сегментоядерных нейтрофилов – на 25,8%, палочкоядерных – ниже на 14,3% ($P < 0,001$), чем у лошадей из Центральной зоны.

По другим клеточным субпопуляциям лейкоцитов достоверной разницы не обнаружено. Так, у лошадей из Центральной зоны отмечаются более высокие показатели по эозинофилам, палочкоядерным нейтрофилам и лимфоцитам – соответственно на 19,05; 34,5 и 25,2% выше, чем в Вилуйской зоне. Известно, что лейкоциты играют важную роль в защитных и восстановительных процессах организма [9]. Возможно, это связано с наличием воспалительных процессов в желудочно-кишечном тракте животных. На сегодняшний день зараженность поголовья якутских лошадей паразитами составляет 100%. Авторы указывают, что в организме животного чаще всего паразитирует не один, а сразу несколько видов гельминтов [10].

Таблица 4

Лейкограмма периферической крови лошадей якутской породы по зонам разведения, %
Leukogram of peripheral blood of horses of the Yakut breed by breeding zones, %

Показатели	Зона разведения		В среднем
	Центральная ($M_1 \pm m_1$)	Виллойская ($M_2 \pm m_2$)	
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	11,84±0,56	11,20±1,46	11,52±1,01
Базофилы, %	2,00±0,31	4,30±0,64*	3,15±0,47
Эозинофилы, %	6,30±1,38	5,40±1,50	5,85±1,44
Нейтрофилы			
палочкоядерные	8,70±1,39	5,70±0,40**	7,20±0,89
сегментоядерные	34,00±0,67	45,80±0,40**	39,90±0,53
Моноциты, %	3,00±0,50	5,40±0,80	4,20±0,65
Лимфоциты, %	46,00±2,50	34,40±1,50	40,20±2,00

* $P < 0,01$, ** $P < 0,001$.

Установлено, что у табунных лошадей период тебенёвки характеризуется выраженным сезонным колебанием содержания в сыворотке крови общего белка и белковых фракций (табл. 5).

Так, в среднем за тебеновочный сезон у лошадей содержание белка в сыворотке крови составляет $74,67 \pm 0,58$ г/л и в зависимости от сезона варьирует от $63,91 \pm 0,65$ (весна) до $85,43 \pm 0,51$ г/л (зима). При этом в зимний период содержание общего белка достоверно выше (на 25,19%), чем весной ($P < 0,001$). Весной отмечается снижение уровня общего белка в крови на фоне уменьшения количества глобулинов на 29,4%, что связано, вероятнее всего, с нарастанием срока жеребости у кобыл. Содержание альбуминов в сыворотке крови весной снижается почти на 3%, при

этом альбумино-глобулиновый коэффициент повышается на 0,09 ед., что также свидетельствует о более интенсивном течении белкового обмена у животных в этот период. Зимой в период тебенёвки у лошадей отмечаются достоверно более высокие показатели и в отношении белковых фракций: α_1 -глобулина – на 29,95% ($P < 0,05$), β - и $\gamma_{1,2}$ -глобулинов – на 16,69 и 42,29; 40,2% ($P < 0,001$) соответственно по сравнению с таковыми в весенний период. При действии неблагоприятных факторов внешней среды проявляется высокая активность иммунной системы, поэтому растет уровень иммуноглобулинов, которые играют ведущую роль в развитии резистентности организма. При этом снижение глобулинов в весенний период является, прежде всего, результатом реорганизации физиологических

Таблица 5

Содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови лошадей якутской породы в холодный период года, г/л

The content of total protein and protein fractions in the blood serum of horses of the Yakut breed in the cold season, g/l

Показатели	Период года		В среднем за холодный период
	зима ($M_1 \pm m_1$)	весна ($M_2 \pm m_2$)	
Белок общий	85,43±0,51*	63,91±0,65	74,67±0,58
Альбумины	17,04±0,37	16,53±0,22	16,78±0,29
Глобулины	65,02±0,73	46,91±0,56	55,99±0,65
А/Г коэффициент	0,26±0,55	0,35±0,39	0,30±0,47
α_1 - глобулин	6,61±0,45**	4,63±0,61	5,62±0,53
α_2 - глобулин	6,38±1,58	6,44±0,86	6,41±1,22
β - глобулин	22,17±0,43*	18,47±0,24	20,35±0,33
γ_1 - глобулин	23,94±0,62*	13,83±0,39	18,88±0,5
γ_2 - глобулин	5,92±0,59**	3,54±0,72	4,73±0,65

* $P (M_1 - M_2) < 0,001$; ** $P (M_1 - M_2) < 0,05$.

процессов, связанных с выжеребкой кобыл и выкармливанием потомства.

В хозяйствах Центральной зоны Якутии массовая выжеребка кобыл проходит обычно в мае (50–60 %) и июне (20–30 %), в субарктической зоне – в апреле (до 20 %) и мае (67 %). По республике в среднем деловой выход жеребят за 2010–2016 гг. составил 56 %, в племенных хозяйствах – 79,5 % [3].

ВЫВОДЫ

1. В экстремальных условиях Крайнего Севера, особенно в холодный период года, ор-

ганизм животных вынужден адаптироваться к условиям окружающей среды путем изменения уровней функционирования отдельных систем, требующих значительного расхода функциональных резервов.

2. Период тебеневки у якутских лошадей характеризуется повышением активности иммунной системы, обеспечивающей поддержание гомеостаза в адаптивно-восстановительных реакциях при стрессовых воздействиях, в частности, при низких температурах воздуха, что связано с повышенной мобилизацией пластических и энергетических резервов организма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Изучение* молекулярно-генетических особенностей пород и типов табунных лошадей, разводимых в Якутии / Л. Н. Владимиров, Н. П. Филиппова, Л. П. Корякина [и др.] // Отчет о НИР № 50 от 22.10.2014 г. (Госкомитет Республики Саха (Якутия) по инновационной политике и науке). – Якутск, 2016. – 15 с.
2. *Абрамов А. Ф.* Эколого-биохимические основы производства кормов и рационального использования пастбищ в Якутии: монография. – Новосибирск: СО РАСХН, 2000. – 208 с.
3. *План селекционно-племенной работы по животноводству Республики Саха (Якутия) на 2018–2022 годы* / под ред. А. И. Степанова. – Якутск: СМИК-Мастер.Полиграфия, 2019. – 320 с.
4. *Алферов И. В., Шахурдин Д. Н.* Зависимость минерального состава мяса якутских лошадей от содержания макро- и микроэлементов в тебенёвочных кормах Якутии // Иппология и ветеринария. – 2020. – № 3 (37). – С. 10–14.
5. *Григорьева Н. Н., Павлова А. И., Корякина Л. П.* Гематологический профиль у якутской и приленский породы лошади // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 1 (23). – С. 51–56.
6. *Пищевая и биологическая ценность мяса, субпродуктов якутского скота: монография* / А. Ф. Абрамов, Р. Г. Попов, К. М. Степанов [и др.]. – Новосибирск: Изд-во АНС «СибАК», 2018. – 114 с.
7. *Сивцева А. И., Мостахов С. Е., Дмитриева З. М.* География Якутской АССР. – Якутск: Кн. изд-во, 1984. – 168 с.
8. *Андреев В. Н.* Тебенёвочные пастбища Северо-Востока Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1974. – 248 с.
9. *Лысов В. Ф., Максимов В. И.* Основы физиологии и этологии животных: учеб. пособие для вузов. – М.: КолосС, 2004. – 248 с.
10. *Стронгилятозы* лошадей табунного содержания и особенности сохранения жизнеспособности яиц и личинок при критически низких температурах Якутии / Л. М. Коколова, Л. Ю. Гаврильева, П. Л. Петров [и др.] // Иппология и ветеринария. – 2020. – № 3 (37). – С. 35–40.

REFERENCES

1. Vladimirov L. N., Filippova N. P., Koryakina L. P., Grigor'eva N. N., Stepanov N. P., Khaldeeva M. N., Martynov M. N., Dodokhov V. V., Pavlova N. I. *Izuchenie molekulyarno-geneticheskikh osobennostei porod i tipov tabunnykh loshadei, razvodimykh v Yakutii* (Study of the molecular genetic characteristics of the breeds and types of herd horses bred in Yakutia), Yakutsk, 2016, 15 p.
2. Abramov A. F. *Ekologo-biokhimicheskie osnovy proizvodstva kormov i ratsional'nogo ispol'zovaniya pastbishch v Yakutii* (Ekologo-biokhimichesky bases of production of forages and rational use of pastures in Yakutia), Novosibirsk: SO RASKhN, 2000, 208 p.

3. *Plan selektsionno-plemennoi raboty po zhivotnovodstvu Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2018–2022 gody* (Plan of selection and breeding work on livestock production of the Sakha (Yakutia) Republic for 2018–2022), Yakutsk: SMIK-Master.Poligrafiya, 2019, 320 p.
4. Alferov I. V., Shakhurdin D. N. *Ippologiya i veterinariya*, 2020, No. 3 (37), pp. 10–14. (In Russ.)
5. Grigor'eva N.N., Pavlova A.I., Koryakina L.P., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost*, 2019, No. 1 (23), pp. 51–56. (In Russ.)
6. Abramov A. F., Popov R. G., Stepanov K. M., Gavril'ev I.A., Zarovnyaev S. I. *Pishchevaya i biologicheskaya tsennost' myasa, subproduktov yakutskogo skota* (Nutrition and biological value of meat, offal of the Yakut cattle), Novosibirsk: Izdatel'stvo ANS «SibAK», 2018, 114 p.
7. Sivtseva A. I., Mostakhov S. E., Dmitrieva Z. M., *Geografiya Yakutskoi ASSR* (Geography Yakut ASSR), Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1984, 168 p.
8. Andreev V. N. *Tebenevochnye pastbishcha Severo-Vostoka Yakutii* (Tebenevochny pastures of the Northeast of Yakutia), Yakutsk: Yakutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1974, 248 p.
9. Lysov V.F., Maksimov V.I. *Osnovy fiziologii i etologii zhivotnykh* (Fundamentals of physiology and ethology of animals), Moscow: KolosS, 2004, 248 p.
10. Kokolova L.M., Gavril'eva L. Yu., Petrov P.L., Sleptsova S.S., *Ippologiya i veterinariya*, 2020. No. 3 (37). pp. 35–40. (In Russ.)

ОБОСНОВАНИЕ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РАЦИОНОВ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ¹М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент²Н.А. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор¹С.В. Мезенцева, магистрант¹Новосибирский государственный аграрный университет²Сибирский федеральный научный центр
агробиотехнологий РАН

E-mail: lazareva_mv@nsau.edu.ru

Ключевые слова: микроэлементы, макроэлементы, сельское хозяйство, комбикорм, продуктивность, сырой протеин, сырая клетчатка, сырой жир

Реферат. *Обоснована фармакологическая коррекция минерального состава рационов для животных. Проведен анализ результатов исследований кормов ветеринарными лабораториями Новосибирской области за период 2018–2019 гг. Установлено, что при изготовлении комбикормов и кормов растительного происхождения используют такие культуры, как пшеница, ячмень, овес, просо, кукуруза, горох, соя. Зерновые составляют около 85% комбикорма, бобовые – 45%. Отмечено, что массовая доля влаги и сухого вещества во всех видах кормов находится в допустимых диапазонах нормы. В зимний период при кормлении коров сеном, силосом, комбикормом возникает протеиновая недостаточность ($10,69 \pm 0,35\%$) для удоя выше 10 кг в сутки. Наибольшее количество сырого протеина содержится в шроте ($36,48 \pm 1,31\%$), наименьшее – в силосе ($3,08 \pm 0,12\%$). Сырого жира больше всего в жмыхе ($9,68 \pm 0,83\%$), а минимальным его содержанием характеризуются комбикорма-концентраты ($0,49 \pm 0,39\%$). Клетчаткой богаты грубые корма – сено и солома ($27,04 \pm 0,58$ и $36,87 \pm 1,29\%$ соответственно). Низкий уровень содержания кальция отмечен в таких кормах, как силос и зерно, используемое на кормовые цели – $2,07 \pm 0,11$ и $2,22 \pm 0,21$ г/кг соответственно. Дефицит калия выявлен в комбикорме ($2,75$ – $3,03$ г/кг), что требует коррекции рациона. Низкое содержание фосфора отмечается в грубых кормах, силосе, зерне ($0,07$ – $0,27\%$). Корм, полученный в процессе силосования, обеспечен цинком на $8,02 \pm 1,51$ мг/кг, что является низким показателем. Содержание железа в комбикорме находится на среднем уровне обеспеченности – 40 – 50 мг/кг. Оценка минерального состава разных видов кормов показала наибольшую частоту отклонений по количеству цинка – $42,5\%$. Отмечаются также значительные колебания по содержанию в кормах фосфора и кальция – $26,25$ и $23,75\%$ соответственно.*

SUBSTANTIATION OF PHARMACOLOGICAL CORRECTION OF THE MINERAL COMPOSITION OF ANIMAL NUTRITION¹M.V. Lazareva, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor²N.A. Shkil, Doctor of Veterinary Science, Professor¹S.V. Mezentseva, Master's student¹Novosibirsk State Agrarian University²Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology RAS

Key words: microelements, macroelements, agriculture, compound fodder, productivity, crude protein, crude fiber, crude fat.

Abstract. *The pharmacological correction of the mineral composition of animal nutrition has been substantiated. The analysis of the results of studies of fodder by veterinary laboratories of the*

Novosibirsk region for the period 2018–2019 was carried out. It has been established that in the production of animal fodder such crops as wheat, barley, oats, millet, corn, peas, and soybeans are used. Cereals make up about 85% of the compound fodder, legumes – 45%. It is noted that the mass fraction of moisture and dry matter in all types of animal fodder is within the permissible ranges of the norm. In winter cows are fed with hay, silage and mixed fodder. So protein deficiency ($10.69 \pm 0.35\%$) occurs for milk yield above 10 kg per day. The largest amount of crude protein is contained in the meal ($36.48 \pm 1.31\%$), the least is in silage ($3.08 \pm 0.12\%$). Crude fat is mainly contained in the millcake ($9.68 \pm 0.83\%$), and its minimum content is characterized by feed concentrates ($0.49 \pm 0.39\%$). Rough forage – hay and straw are rich in fiber (27.04 ± 0.58 and $36.87 \pm 1.29\%$, respectively). A low level of calcium was found in fodder such as silage and grain used for feed purposes – 2.07 ± 0.11 and 2.22 ± 0.21 g / kg, respectively. Potassium deficiency was detected in compound animal fodder ($2.75–3.03$ g / kg), which requires correction of the diet. A low phosphorus content is noted in roughage, silage, grain ($0.07–0.27\%$). The forage obtained during the ensiling process is provided with zinc at 8.02 ± 1.51 mg / kg, which is a low figure. The iron content in the compound feed is at an average level of supply – 40–50 mg / kg. Evaluation of the mineral composition of different types of feed showed the highest frequency of deviations in the amount of zinc – 42.5%. There are also significant fluctuations in the content of phosphorus and calcium in feed – 26.25 and 23.75%, respectively.

Животный организм нуждается в сбалансированном питании для сохранения физиологического статуса и повышения продуктивности. В настоящее время проявляется большая требовательность к соотношению питательных и биологически активных веществ в кормах для животных. Если ранее равновесия можно было без труда достичь с помощью неорганических солей металлов, то современные породы сельскохозяйственных животных и птиц требуют иных подходов к балансированию рационов питания.

Роль минеральных веществ в организме животного разнообразна. Их дисбаланс в питании приводит к различным клиническим нарушениям и патологиям. Минеральные вещества входят в состав структурных элементов тела животного. Каждая клетка содержит те или иные минеральные элементы. Образование новых клеток у растущих животных невозможно без отложения в них минеральных веществ. Эти отложения содержатся в костях и других тканях организма [1, 2]. Микроэлементы оказывают влияние на процессы оплодотворения, обеспечивают функционирование дыхательной и кровеносной систем, способствуют росту продуктивности, устойчивости животных к неблагоприятным факторам внешней среды и к заболеваниям.

Основным источником минеральных веществ для животных являются растительные корма. Минеральные элементы поглощаются растениями из почвы, а при поедании растений животными элементы попадают в их организм. Через выделения животных, а также после гибели животных и растений органические соединения вновь попадают в почву и при участии микроорганизмов переходят в формы, доступные растениям. Таким образом происходит круговорот минеральных элементов в системе «почва – растения – животные – почва» [3].

Одной из причин недостатка микроэлементов в пищевой цепи является прогрессирующее снижение плодородия почв вообще и обеднение их микроэлементами, в частности. Корма, выращенные на обедненных почвах, не способны обеспечить потребности животных в макро- и микроэлементах. Кардинальный выход из данной ситуации – применение минеральных удобрений, что скажется положительно и на урожаях, и на полноценности кормовых рационов [4, 5]. Многочисленные результаты исследований элементного химического состава продукции сельскохозяйственных культур в Западной Сибири показывают неблагоприятную картину обеспеченности растений микроэлементами. Повсеместно в растительной продукции обнаруживается

снижение содержания меди, цинка, кобальта до уровня критически недостаточного для нормального развития растительных и животных организмов. При этом подтверждается достаточность и даже избыточность железа, бора, марганца [4, 6, 7], что объясняется повышенной засоленностью почв в результате уменьшения количества осадков.

Сохранение такой тенденции может в ближайшем будущем негативно сказаться на продуктивности сельскохозяйственных животных, минеральной полноценности производимой ими продукции и здоровье её потребителя – человека.

Целью нашего исследования явилась оценка качества кормов для животных, используемых в хозяйствах Новосибирского района для обоснования фармакологической коррекции минерального состава рационов.

Задачи:

1. Оценить физико-химические показатели разных видов кормов для крупного рогатого скота.
2. Изучить химический состав разных видов кормов для крупного рогатого скота по содержанию микро- и макроэлементов.
3. Выявить необходимость фармакологической коррекции минерального состава рационов в виде добавления органических соединений микро- и макроэлементов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведен анализ результатов исследований кормов ветеринарными лабораториями Новосибирской области за период 2018–2019 гг. Исследованию было подвергнуто 80 образцов разных видов кормов. Физико-химическую оценку кормов проводили на базе Испытательного лабораторного комплекса Новосибирского ГАУ и Новосибирской межобластной ветеринарной лаборатории по общепринятым методикам. Пробы поступали из различных хозяйств Новосибирской области. Анализ кормов осуществляли в соответствии с действующей нормативной документацией: физико-химических свойств

– по ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 13496.15-2016, ГОСТ 13496.12-98, ГОСТ Р 54951-2012, элементного состава кормов – по М 04-65-2010. Статистическая обработка данных проводилась в программе Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате мониторинга установлено, что при изготовлении комбикормов и кормов растительного происхождения используют такие культуры, как пшеница, ячмень, овес, просо, кукуруза, горох, соя. Зерновые составляют около 85% комбикорма, бобовые – 45%, поэтому большое влияние на сбалансированность комбикорма по микро- и макроэлементам оказывает элементный баланс растений.

Наиболее дешевым полноценным кормом для молочного скота является зеленая масса пастбища. Но коровам для высокой продуктивности одной зеленой массы недостаточно в связи с ограниченной пропускной способностью желудочно-кишечного тракта. Среди факторов, отрицательно влияющих на химический состав пастбищного корма, отмечается периодически проявляющаяся низкая урожайность и малоценный ботанический состав травостоя. Это говорит о необходимости введения в рацион концентрированных кормов. В то же время скармливание высокобелковых концентратов (жмых, шроты) и комбикормов с высоким содержанием протеина совместно с пастбищным кормом приводит к ожирению коров, снижению удоев. Поэтому использовать добавки необходимо разумно, определяя оптимальные дозы потребления.

Анализ кормов, используемых в хозяйствах Новосибирской области, показал, что массовая доля влаги и сухого вещества во всех их видах находится в допустимых диапазонах нормы (табл. 1).

Количество сырого протеина в кормах вариабельно: наибольшее – в шроте ($36,48 \pm 1,31\%$), наименьшее – в силосе ($3,08 \pm 0,12\%$). Содержание сырого жира максимальное в жмыхе ($9,68 \pm 0,83\%$), минимальное – в комбикорме-концентрате ($0,49 \pm 0,39\%$).

Таблица 1

Физико-химические показатели разных видов кормов, %
Physicochemical indicators of different types of fodder, %

Виды кормов (количество образцов)	Массовая доля влаги	Массовая доля сухого вещества	Сырой жир	Сырой протеин	Сырая клетчатка
Полнорационный комбикорм (n = 7)	12,64±0,27	87,36±0,27	2,45±0,49	8,08±0,28	13,70±1,60
Комбикорм-концентрат (n = 5)	10,60±0,10	89,40±0,10	0,49±0,39	10,69±0,35	4,20±1,10
Сено (n = 11)	14,34±0,31	85,66±0,31	2,91±0,17	6,72±0,33	27,04±0,58
Солома (n = 15)	17,95±0,58	82,05±0,58	1,84±0,08	3,39±0,18	36,87±1,29
Силос (n = 7)	73,74±0,78	26,26±0,78	1,13±0,05	3,08±0,12	8,94±0,35
Зерно, используемое на кормовые цели (n = 23)	16,95±1,27	83,05±1,27	3,85±0,55	9,67±0,84	6,18±0,38
Жмых (n = 7)	10,41±1,58	89,59±1,58	9,68±0,83	33,72±1,78	10,65±1,23
Шрот (n = 5)	11,18±0,27	88,82±0,27	3,60±0,41	36,48±1,31	12,87±1,29

Клетчаткой богаты грубые корма – сено и солома (27,04±0,58 и 36,87±1,29% соответственно). Таким образом, в летний пастбищный период для более высоких надоев требуется введение в рацион подкормок в виде комбикормов и зерносмесей. В зимний период при кормлении коров сеном, силосом, комбикормом возникает протеиновая недостаточность (10,69±0,35%) для удоя выше 10 кг в сутки, так как норма сырого протеина при суточном удое молока 11–20 кг составляет 12,5–13,6% [8].

Содержание химических элементов в разных видах кормов представлено в табл. 2. Количество микро- и макроэлементов в кормах зависит от вида растений, их возраста и типа почвы. В процессе исследований химический состав анализируемых кормов сравнивали со средними показателями одноименных кормов по России [3, 8–10].

Содержание кальция в комбикорме, сене, соломе находится на уровне средней обеспеченности (4,25–6,23 г/кг). Низкий уровень

кальция наблюдается в таких кормах, как силос и зерно, используемое на кормовые цели – 2,07±0,11 и 2,22±0,21 г/кг соответственно. В летний пастбищный период коровы затрачивают на производство молока больше энергии, поэтому нормы потребления кальция следует увеличивать на 5–6% [3].

Концентрация магния в комбикорме низкая и находится на уровне 0,05% в сухом веществе. Невысоким содержанием магния (0,17–0,22%) характеризуются грубые корма и зерно. Богаты по содержанию магния жмыхи и шроты (5,27±0,78 и 3,37±0,50 г/кг соответственно). Магний необходим для нормальной деятельности рубцовой микрофлоры у жвачных животных, являясь активатором ее ферментов. Так как магний входит в число нормируемых макроэлементов, есть необходимость регуляции баланса его в кормах.

Потребность крупного рогатого скота в калии удовлетворяется при получении 6,8–9,8 г/кг сухого рациона. Дефицит калия на-

Таблица 2

Состав химических элементов в разных видах кормов
The composition of chemical elements in different types of fodder

Виды кормов (количество образцов)	Макроэлементы, г/кг в сухом веществе					Микроэлементы, мг/кг в сухом веществе	
	Ca	Mg	K	Na	P	Zn	Fe
Полнорационный комбикорм (n = 7)	6,23±0,12	0,54±0,15	3,03±0,54	6,24±0,18	4,76±0,57	19,27±0,45	40,48±0,73
Комбикорм-концентрат (n = 5)	4,25±0,18	0,52±0,11	2,75±0,25	4,28±0,77	6,86±0,55	16,46±0,36	50,5±2,81
Сено (n = 11)	5,03±0,15	1,79±0,13	10,25±0,62	0,46±0,33	1,31±0,12	20,40±0,77	82,21±1,37
Солома (n = 15)	4,73±0,52	1,91±0,04	8,18±0,40	0,47±0,11	1,55±0,06	16,05±0,87	108,97±5,39
Силос (n = 7)	2,07±0,11	0,43±0,11	4,16±0,28	0,06±0,02	0,78±0,02	8,02±1,51	50,94±4,13
Зерно, используемое на кормовые цели (n = 23)	2,22±0,21	2,18±0,45	12,53±0,77	0,11±0,05	2,71±0,37	28,36±1,67	91,83±7,08
Жмых (n = 7)	5,68±0,74	5,27±0,78	7,75±0,33	0,56±0,22	9,06±1,72	54,01±7,25	177,00±3,05
Шрот (n = 5)	4,25±0,38	3,37±0,50	8,87±0,22	1,71±0,49	5,77±0,09	46,15±3,83	255,00±4,65

блюдается в комбикорме (2,75–3,03 г/кг), что также требует коррекции рациона.

Содержание натрия в растительных кормах низкое, поэтому в комбикормах его источником обычно является поваренная соль. В результате наших исследований выявлена высокая концентрация натрия в комбикорме – $6,86 \pm 0,55$ г/кг.

Содержание фосфора в комбикорме, жмыхе и шроте варьирует в пределах допустимых норм – 0,47–0,91% в сухом веществе. Более низкое содержание фосфора отмечается в грубых кормах, силосе, зерне (0,07–0,27%). Дефицит фосфора рекомендуется компенсировать введением в рацион кормовых фосфатов.

Микроэлементы в растениях и организме животных находятся в незначительных количествах. При недостатке или избытке микроэлементов в почве страдают растения, которые являются основными источниками кормов для животных.

Травы естественных угодий, посевных злаков, солома являются слабыми кормовыми источниками по содержанию цинка – на уровне 16,05–20,40 мг/кг сухого вещества. В корме,

полученном в процессе силосования, обеспеченность цинком составляет $8,02 \pm 1,51$ мг/кг, что является низким показателем. Зерновые культуры имеют свойство накапливать цинк в зерне, и в наших исследованиях мы отмечаем более высокое его содержание – $28,36 \pm 1,67$ мг/кг. Также высоким количеством цинка характеризуются жмыхи и шроты ($54,01 \pm 7,25$ и $46,15 \pm 3,83$ мг/кг соответственно).

Содержание железа в кормах подвержено колебаниям. Так, грубые корма хорошо обогащены железом – 82,21–108,97 мг/кг. Наибольшее количество железа отмечается в жмыхе и шроте ($177,00 \pm 3,05$ и $255,00 \pm 4,65$ мг/кг соответственно). Содержание железа в комбикорме находится на среднем уровне обеспеченности – 40–50 мг/кг.

Таким образом, в разных видах кормов отмечается большая вариабельность содержания макро- и микроэлементов, что требует фармакологической коррекции минерального состава рационов для животных.

Оценка минерального состава разных видов кормов показала наибольшую частоту отклонений по количеству цинка – 42,5% (табл. 3).

Таблица 3

Частота отклонений в минеральном составе кормов
Frequency of deviations in the mineral composition of fodder

Элемент	Количество исследований	Количество положительных результатов (отклонение от нормативных)	Частота положительных результатов (отклонение от нормативных), %
Кальций	80	19	23,75
Магний	80	5	6,25
Калий	80	6	7,50
Натрий	80	-	-
Фосфор	80	21	26,25
Цинк	80	34	42,5
Железо	80	-	-

Отмечаются также значительные отклонения по содержанию в кормах фосфора и кальция (26,25 и 23,75% соответственно).

ВЫВОДЫ

1. При оценке физико-химических показателей разных видов кормов выявлена протеиновая недостаточность ($10,69 \pm 0,35\%$) для удоя выше 10 кг в сутки.

2. В кормах для животных отмечается дефицит макроэлементов (кальций – $2,07 \pm 0,11$,

фосфор – $0,78 \pm 0,02$, магний – $0,43 \pm 0,11$, калий – $2,75 \pm 0,25$ г/кг). Обеспеченность корма цинком составила $8,02 \pm 1,51$ мг/кг, что является низким показателем.

3. Для профилактики нарушения метаболических процессов и предупреждения болезней у животных необходима фармакологическая коррекция минерального состава рационов в виде добавления органических соединений микро- и макроэлементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коцаева О.С., Коцаев И.А., Литвинов Ю.Н. Органические микроэлементы – природное решение проблемы минерального питания животных и птицы // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2017. – № 3. – С. 7–12.
2. Чичула С.И., Коцаева О.С. Проблемы минерального питания животных и птицы // Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции. – 2018. – С. 376–381.
3. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография / В.М. Косолапов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова [и др.]. – М.: Угрешская типография, 2019. – 272 с.
4. Сысо А.И., Ильин В.Б. Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растительной продукции на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 33–36.
5. Дронов В.В., Горшков Г.И. Обеспеченность организма коров цинком в хозяйствах юго-восточной зоны Белгородской области // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – Т. 214, № 2. – С. 167–172.
6. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – С. 226.
7. Скуковский Б.А. Исследование химического состава кормов Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2005. – № 4. – С. 98–102.
8. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов [и др.]. – М., 2003. – 456 с.
9. Зональные особенности химического состава и питательности кормов / Т.А. Краснощекова, К.Р. Бабухадия, Е.Н.Бойко [и др.]. // Вестник Новгородского государственного университета. – 2014. – № 76. – С. 30–33.
10. Анализ питательной ценности растительных кормов и вторичного сырья / Р.А. Шурхно, Ф.Ю. Ахмадуллина, А.С. Сироткин [и др.]. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 21. – С. 223–228.

REFERENCES

1. Koshchaeva O.S., Koshchaev I.A., Litvinov Yu.N. *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaistvennoi biologii*, 2017, No. 3, pp. 7-12. (In Russ.)
2. Chichula S.I., Koshchaeva O.S. *Selektsiya na sovremennykh populyatsiyakh otechestvennogo molochnogo skota kak osnova importozameshcheniya zhivotnovodcheskoi produktsii*, 2018, pp. 376-381. (In Russ.)
3. Kosolapov V.M., Chuikov V.A., Khudyakova Kh.K., Kosolapova V.G. *Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza* (Mineral elements in feed and methods of their analysis), Moscow: Ugreshskaya tipografiya, 2019, 272 p.
4. Syso A.I., Il'in V.B. *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2008, No. 2, pp. 33-36. (In Russ.)
5. Dronov V.V., Gorshkov G.I. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*, 2013, T. 214, No. 2, pp. 167-172. (In Russ.)
6. Il'in V.B., Syso A.I. *Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoi oblasti* (Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001, p. 226.
7. Skukovskii B.A. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2005, No. 4, pp. 98-102. (In Russ.)
8. Kalashnikov A.P., Fisinin V.I., Shcheglov V.V., Kleimenov N.I., *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Norms and diets for feeding farm animals), Moscow, 2003, 456 p.
9. Krasnoshchekova T.A., Babukhadiya K.R., Boiko E.N., Ryzhkov V.A. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No. 76, pp. 30-33. (In Russ.)
10. Shurkhno R.A., Akhmadullina F.Yu., Sirotkin A.S., Galantseva L.F., Il'inskaya O.N. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014, T. 17, No. 21, pp. 223-228. (In Russ.)

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛОЙ КРОВИ У КОШЕК ПРИ СОЧЕТАННОМ ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТОВ ГЕМОБАЛАНС И ВЕТОМ 1

Г. А. Ноздрин, доктор ветеринарных наук, профессор
С. Н. Тишков, заведующий лабораторией
А. Г. Ноздрин, кандидат ветеринарных наук, доцент
М. О. Дугушкина, студент
О. Л. Савченко, кандидат ветеринарных наук, доцент
А. В. Ухлова, старший преподаватель

Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: pharmgenpath@mail.ru

Ключевые слова: пробиотик, Ветом 1, Гемобаланс, кошки, лимфоциты, лейкоциты, относительная концентрация, абсолютная концентрация, абиссинские кошки

Реферат. Изучалось действие комплексного витаминно-минерального препарата Гемобаланс для оптимизации кроветворных процессов у животных в ходе комплексной восстанавливающей терапии и пробиотического препарата Ветом 1, содержащего не менее $1 \cdot 10^6$ КОЕ/г микроорганизмов *Bacillus subtilis* штамма DSM 32424, на концентрацию лейкоцитов и лимфоцитов в крови кошек абиссинской породы. В исследовании по изучению данных препаратов были задействованы 10 кошек абиссинской породы, содержащихся в домашних условиях, имеющих одинаковый диетический рацион для кошек с патологиями печени и поджелудочной железы. Кошки были разделены на 2 группы (контрольная и опытная) по 5 животных в каждой. Опытной группе кошек задавали пробиотический препарат Ветом 1 на основе апатогенных бацилл в дозе 50 мг/кг 1 раз в день ежедневно в течение 30 дней *per os*. Дополнительно кошкам обеих групп вводили внутримышечно комплексный препарат Гемобаланс в течение 30 дней в дозе 0,25 мл. Изучение гематологических показателей крови проводили на автоматическом гематологическом анализаторе закрытого типа Vet Auto Hematology Analyzer BC-2800. В ходе наших исследований установлено, что под действием пробиотического препарата Ветом 1 понижается концентрация лейкоцитов крови в пределах физиологической нормы. Дополнительное применение Гемобаланса не изменяет данную тенденцию.

DYNAMICS OF CHANGES IN QUANTITATIVE INDICATORS OF WHITE BLOOD IN CATS WITH THE COMBINED USE OF THE DRUGS HEMOBALANCE AND VETOM 1

G.A. Nozdrin, Doctor of Veterinary Science, Professor
S.N. Tishkov, Head of the laboratory
A.G. Nozdrin, Candidate of Veterinary Science, Associate Professor
M.O. Dugushkina, Student
O.L. Savchenko, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
A.V. Ukhlova, Senior Lecturer

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Key words: probiotic, Vetom 1, hemobalance, cats, lymphocytes, leukocytes, relative concentration, absolute concentration, Abyssinian cats.

Abstract. The effect of the complex vitamin-mineral preparation Hemobalance for the optimization of hematopoietic processes in animals during complex restorative therapy and the probiotic preparation

Vetom 1, containing at least $1 \cdot 10^6$ CFU / g of Bacillus subtilis microorganisms, strain DSM 32424, on the concentration of leukocytes and lymphocytes in the blood of Abyssinian cats was studied. 10 cats of the Abyssinian breed were involved in the study of this drug. They were kept at home, having the same diet as cats with liver and pancreas pathologies. The cats were divided into 2 groups (control and experimental), 5 animals each. The experimental group of cats was given the probiotic preparation Vetom 1 based on apathogenic bacilli at a dose of 50 mg / kg once a day every day for 30 days per os. Additionally, the cats of both groups were injected intramuscularly with the complex drug Hemobalance for 30 days at a dose of 0.25 ml. The study of hematological blood parameters was carried out on an automatic closed-type hematology analyzer Vet Auto Hematology Analyzer BC-2800. In the course of our research, it was found that under the influence of the probiotic preparation Vetom 1, the concentration of blood leukocytes decreases within the physiological norm. Additional use of Hemobalance does not change this trend.

Домашние животные являются неотъемлемой частью жизни современных людей, и в связи с этим забота о здоровье их питомцев занимает одно из приоритетных мест в современной ветеринарии. Изучение пробиотических препаратов для поддержания и восстановления здоровья животных после перенесённых заболеваний является актуальной задачей современной отечественной и зарубежной ветеринарии. Одним из путей улучшения качества жизни животных является внедрение экологически безопасных новых биопрепаратов, в том числе витаминно-минеральных комплексов и пробиотиков [1].

Препарат Гемобаланс содержит в своём составе аминокислоты, микроэлементы и витамины [2]. Данный препарат активно используется для повышения продуктивности у сельскохозяйственных животных, а также для лечения недостатка микронутриентов у непродуктивных животных [3–5].

Пробиотики – это препараты на основе живых микроорганизмов, оказывающие при естественном пути введения положительный эффект через регуляцию микрофлоры кишечника [6]. Данные препараты созданы на основе видов бактерий, как входящих в состав нормальной микрофлоры пищеварительного тракта животных, так и транзитных микроорганизмов, длительно не персистирующих в организме. Использование пробиотиков на основе транзитных микроорганизмов, в том числе и изучаемого в нашей работе Ветом 1, у животных способствует оптимизации нормофлоры желудочно-кишечного тракта,

нормализации процессов пищеварения и всасывания питательных веществ, биосинтезу витаминов В, С, D, Е, К, аминокислот, бактериоцинов, угнетающих развитие патогенов. У сельскохозяйственных животных препараты данного класса способствуют увеличению продуктивности. Благодаря продукции эндогенного 5-окситриптамина они также способствуют нормализации нервной деятельности у лабораторных мышей и спортивных лошадей, в связи с чем эти препараты потенциально могут быть использованы и для непродуктивных животных [6–11].

Вопрос сочетанного применения пробиотических препаратов с другими препаратами у непродуктивных видов животных в настоящее время изучен крайне слабо. Комбинированный препарат Гемобаланс, содержащий комплекс биологически активных веществ, имеет широкий спектр применения для лечения и профилактики различных заболеваний животных и птиц. Компоненты препарата участвуют в процессах кроветворения, стимулируют гемопоэз, нормализуют форменный состав крови, повышают бактерицидную активность сыворотки крови, восстанавливают функцию печени, оказывают иммуномодулирующее действие, являются источником энергетического обмена в клетке, повышают работоспособность мышц и устойчивость животных к повышенным нагрузкам и стрессу [12–14].

Цель нашей работы – изучить влияние препаратов Ветом 1 и Гемобаланс на коли-

чественные показатели белой крови у кошек абиссинской породы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Действие препаратов изучали на 10 кошках абиссинской породы, содержащихся на дому в одинаковых условиях.

Животные были разделены на 2 группы (контрольная и опытная) по 5 животных в каждой. Опытной группе кошек внутрь ежедневно задавали Ветом 1 в дозе 50 мг/кг 1 раз в день ежедневно в течение 30 дней. Дополнительно кошкам обеих групп назначали препарат Гемобаланс внутримышечно в течение 30 дней в дозе 0,25 мл.

Изучение гематологических показателей крови проводили на автоматическом гематологическом анализаторе закрытого типа Vet Auto Hematology Analyzer BC-2800. Кровь в соответствии с технико-эксплуатационными характеристиками анализатора брали в пробирки с K_2 -ЭДТА. Забор производили утром до кормления из плечевой вены до начала опыта и по его окончании.

Лейкоциты измеряли напрямую импедансным методом, основанным на определении изменений электрического сопротивления, возникающих при прохождении частиц через апертуру с известными размерами. Гематологический анализатор выполняет также построение гистограмм распределения лейкоцитов. Относительные концентрации фракций лейкоцитов подсчитываются после разделения лизирующим агентом на три субпопуляции в зависимости от размера. Концентрации фракций лейкоцитов анализатор рассчитывает на основе полученных параметров концентрации лейкоцитов и абсолютных концентраций соответствующих фракций.

Статистическая обработка полученных данных производилась с использованием Microsoft Office Excel. Был произведен расчёт медианы (Me) и её статистической ошибки (me). Достоверность полученных отличий между группами проверялась по W-критерию

Манна-Уитни-Уилкоксона, разных измерений в одной группе – W-критерием Уилкоксона [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Под действием изучаемых препаратов изменялось содержание лейкоцитов в крови (таблица). До начала опыта медиана концентрации лейкоцитов крови была в пределах физиологической нормы и выше у кошек опытной группы на 4,41 %, чем у аналогов из контрольной группы, на 30-е сутки эксперимента – на 16,84 % ($P < 0,01$). При этом за период эксперимента у животных контрольной и опытной группы медиана концентрации лейкоцитов крови понизилась на 30,15 и 21,83 % ($P < 0,05$) соответственно по сравнению с исходными данными.

Таким образом, концентрация лейкоцитов у животных и опытной, и контрольной группы изменялась с одинаковой закономерностью, понижаясь в пределах физиологической нормы.

Под действием изучаемых препаратов изменялась также медиана абсолютной концентрации лимфоцитов крови абиссинских кошек (см. таблицу). До применения препаратов медиана абсолютной концентрации лимфоцитов крови у кошек опытной группы была в пределах физиологической нормы и ниже на 49,43 %, чем у аналогов из контрольной группы, медиана которой превышала нормальные физиологические значения показателя. На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана концентрации лимфоцитов крови опытных групп не имела отличий от аналогов из контрольной группы. У животных опытной группы медиана абсолютной концентрации лимфоцитов в крови повысилась на 2,27 % ($P < 0,05$), а у контрольной – понизилась на 48,28 % по сравнению с исходными данными.

Таким образом, у животных контрольной группы абсолютная концентрация лимфоцитов понижается относительно аналогов из опытной группы, где наблюдали незначительное повышение абсолютной концентрации.

Динамика концентрации лейкоцитов и их фракций в крови кошек, 10/л
Dynamics of the concentration of leukocytes and their fractions in the blood of cats, 10/l

Группа	До начала опыта	На 30-е сутки
<i>Лейкоциты, 10⁹/л (норма 5,5–19,5)</i>		
Контрольная	13,60±2,39	9,50±0,27
Опытная	14,20±1,39	11,10±0,42*
<i>Лимфоциты, 10⁹/л (норма 0,8–7,0)</i>		
Контрольная	8,70±1,41	4,50±0,37
Опытная	4,40±0,89	4,50±0,58
<i>Лимфоциты, % (норма 12–45)</i>		
Контрольная	47,00±3,99	44,60±4,84
Опытная	49,20±4,27	38,50±5,10**
<i>Моноциты, 10⁹/л (норма 0,0–1,9)</i>		
Контрольная	0,80±0,24	0,70±0,06
Опытная	0,80±0,14	0,80±0,10*
<i>Моноциты, % (норма 2,0–9,0)</i>		
Контрольная	6,80±0,56	7,70±0,55
Опытная	6,40±0,39	7,90±0,79
<i>Гранулоциты, 10⁹/л (норма 2,1–15,0)</i>		
Контрольная	4,80±0,97	4,70±0,53
Опытная	6,20±0,82	6,10±0,62**
<i>Гранулоциты, % (норма 35,0–85,0)</i>		
Контрольная	43,90±3,66	46,30±4,72
Опытная	44,80±4,50	51,50±5,35*

*P<0,05; ** P<0,01.

Это говорит о том, что процессы реализации влияния изучаемых факторов на абсолютную концентрацию лимфоцитов различны.

До применения препаратов медиана относительной концентрации лимфоцитов крови у кошек опытной группы была выше физиологической нормы и на 4,68 % выше, чем у аналогов из контрольной группы. На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана относительной концентрации лимфоцитов крови была в пределах физиологической нормы и ниже на 13,68 (P<0,05)%, чем у аналогов в контрольной группе. За период эксперимента у кошек опытной и контрольной групп относительная концентрация лимфоцитов в крови понизилась на 21,75 (P<0,05) и 5,11 % соответственно по сравнению с исходными данными (см. таблицу).

Таким образом, у кошек контрольной группы отмечено более выраженное влияние препарата на относительную концентрацию лимфоцитов в крови, возвращающее к физиологической норме часть совокупности, оказывающейся до начала эксперимента выше нормы. Также о более выраженном эффек-

те у кошек контрольной группы говорит тот факт, что разброс значений относительной концентрации лимфоцитов с высоких значений значительно уменьшается по сравнению с данными у животных опытной группы. Это говорит о том, что процессы реализации влияния изучаемых факторов на абсолютную концентрацию лимфоцитов различны, и в случае совместного применения Ветомат 1 и Гемобаланса сохраняются индивидуальные отличия по данному показателю.

До применения препаратов медиана абсолютной концентрации моноцитов крови у кошек опытной группы была в пределах физиологической нормы и не имела отличий от аналогов из контрольной группы (см. таблицу). На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана концентрации моноцитов крови была выше на 14,29 % (P<0,05), чем у аналогов из контрольной группы. За опытный период медиана абсолютной концентрации моноцитов у кошек опытной группы не изменялась, а у кошек контрольной группы – понизилась на 12,50 % (P<0,05) по сравнению с исходными данными.

До применения препаратов медиана относительной концентрации моноцитов крови у кошек опытной группы была в пределах физиологической нормы и ниже, чем у аналогов из контрольной группы, на 5,88 % (см. таблицу). На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана относительной концентрации моноцитов крови была выше на 2,60 %, чем у аналогов из контрольной группы. За опытный период медиана относительной концентрации моноцитов у кошек контрольной и опытной группы повысилась на 13,24 и 23,44 % соответственно по сравнению с исходными данными.

Таким образом, при применении изучаемых препаратов не происходит выраженных изменений в абсолютной и относительной концентрациях моноцитов крови.

До применения препаратов медиана абсолютной концентрации гранулоцитов крови у кошек опытной группы была в пределах физиологической нормы и ниже на 2,08 %, чем у аналогов из контрольной группы (см. таблицу). На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана абсолютной концентрации гранулоцитов крови была выше на 14,29 % ($P < 0,001$), чем у аналогов из контрольной группы. За опытный период медиана абсолютной концентрации гранулоцитов у кошек контрольной и опытной группы понизилась на 2,08 и 1,61 % соответственно по сравнению с исходными данными.

До применения препаратов медиана относительной концентрации гранулоцитов крови у кошек опытной группы была в пределах физиологической нормы и выше на 2,05 %, чем у аналогов из контрольной группы (см. таблицу). На 30-е сутки эксперимента у кошек опытной группы медиана относительной концентрации гранулоцитов крови у кошек опытных групп была выше на 11,23 %, чем у аналогов из контрольной группы. За опытный период медиана относительной концентрации гранулоцитов у кошек контрольной и опытной группы повысилась на 5,47 и 14,96 % ($P < 0,005$) соответственно по сравнению с исходными данными.

Таким образом, при применении Ветома 1 и Гемобаланса не происходит выраженных изменений в абсолютной концентрации гранулоцитов крови. Относительная концентрация гранулоцитов крови у кошек контрольной и опытной групп повышается, при этом наиболее выраженные изменения регистрировались у кошек опытной группы.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что при применении Гемобаласа и Ветома 1 происходит снижение относительной концентрации лимфоцитов крови на фоне повышения абсолютной концентрации гранулоцитов. В связи с тем, что гранулоциты – это фракция крови, ответственная за противобактериальный иммунитет, можно сделать вывод о том, что повышается неспецифическая защита против бактериальных организмов при применении Ветома 1 и Гемобаланса сочетанно. Входящие в состав Ветома 1 микроорганизмы стимулируют неспецифическую защиту организма животных от неблагоприятных факторов среды, в частности, и прежде всего, от бактерий. Дополнительное применение Гемобаланса позволяет дополнительно диверсифицировать иммунную защиту организма по отношению к бактериям.

ВЫВОДЫ

1. Ветом 1 понижает концентрацию лейкоцитов в пределах физиологической нормы. Дополнительное применение Гемобаланса не изменяет тенденцию.

2. Пробиотик Ветом 1 возвращает к физиологической норме абсолютный и относительный лимфоцитоз кошек. Дополнительное применение Гемобаланса может потворствовать этой тенденции, но сохраняется высокая вариативность значений.

3. Препараты Ветом 1 и Гемобаланс незначительно влияют на абсолютную и относительную концентрацию моноцитов крови у кошек.

4. Ветом 1 повышает концентрацию гранулоцитов в пределах физиологической нормы. Дополнительное применение Гемобаланса усиливает эту тенденцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Л.Ю., Андреева А.Б. Повышение неспецифической резистентности у лошадей под влиянием препарата «Гемобаланс» // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2009. – № 1–2. – С. 109–111.
2. Племяшов К.В. Применение комплекса Гемобаланс в хозяйствах Ленинградской области // Ветеринария. – 2009. – № 2. – С. 14–16.
3. Племяшов К.В. Изучение токсичности Гемобаланса на животных // Ветеринария. – 2010. – № 8. – С. 56–59.
4. Нечаева Т.А. Применение в форелеводстве витаминно-аминокислотного комплекса Гемобаланс в комбинации с пробиотиком Ветом 1.1 // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2010. – № 3. – С. 50–53.
5. Хазимухаметова И.Ф., Васильева И.А., Шишкина Е.А. Влияние Гемобаланса на организм кроликов // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 8. – С. 57–59.
6. Руденко П.А., Руденко В.Б., Руденко А.А. Эффективность пробиотико-сорбционных препаратов Дилаксил и «Сорбелакт» при комплексной интенсивной терапии сепсиса у кошек // Вестник Марийского государственного университета. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 42–49.
7. Ноздрин Г.А., Иванова А.Б., Ноздрин А.Г. Теоретические и практические основы применения пробиотиков на основе бацилл в ветеринарии // Вестник НГАУ. – 2011. – № 5(21). – С. 87–95.
8. Тараканов Б.В., Николичева Т.А., Алешин В.В. Пробиотики. Достижения и перспективы использования в животноводстве // Прошлое, настоящее и будущее зоотехнической науки: тр. ВИЖ. – 2004. – Вып. 62, т. 3. – С. 69–73.
9. Поколение пробиотических препаратов кормового назначения / Н.А. Ушакова, Р.Ф. Некрасов, В.Г. Правдин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 1. – С. 184–192.
10. Ушкалова Е.А. Роль пробиотиков в гастроэнтерологии // Фарматека. – 2007. – № 6. – С. 18–25.
11. Ibrahem M.D. Evolution of probiotics in aquatic world: potential effects, the current status in Egypt and recent prospectives // J. Adv. Res. – 2015. – N 6(6). – P. 765–791.
12. Диденко Е.А., Ноздрин Г.А. Влияние ветома 3.22 на реактивность высшей нервной деятельности лошадей 2-х летнего возраста // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2016. – С. 327–329.
13. Влияние пробиотика ветома 1.23 и синего света на нервно-психическую устойчивость мышей к действию стресс-фактора / Г.А. Ноздрин, С.Н. Тишков, А.Б. Иванова, А.Г. Ноздрин // Материалы II Междунар. конгр. вет. фармакологов и токсикологов, посвящ. 80-летию засл. деятеля науки РФ В.Д. Соколова. – СПб.: СПбГАВМ, 2012. – С. 191–192.
14. A canine-specific probiotic product in treating acute or intermittent diarrhea in dogs: A double-blind placebo-controlled efficacy study / C. Gómez-Gallego, J. Junnila, S. Mannikko [et al.] // Vet. Microbiol. – 2016. – N 197. – P. 122–128.
15. Каркищенко Н.Н., Грачева С.В. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях. – М., 2010. – 334 с.

REFERENCES

1. Karpenko L.Yu., Andreeva A.B. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2009, No. 1-2, pp. 109-111 (In Russ.)
2. Plemyashov K.V. *Veterinariya*, 2009, No. 2, pp. 14-16 (In Russ.)
3. Plemyashov K.V. *Veterinariya*, 2010, No. 8, pp. 56-59 (In Russ.)
4. Nechaeva T.A. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2010, No. 3, pp. 50-53 (In Russ.)
5. Khazimukhametova I.F., Vasil'eva I.A., Shishkina E.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2013, No. 8, pp. 57-59 (In Russ.)
6. Rudenko P.A., Rudenko V.B., Rudenko A.A. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta.*, 2019, Vol. 5, No. 1, pp. 42-49 (In Russ.)

7. Nozdrin G.A., Ivanova A.B., Nozdrin A.G. *Vestnik NGAU*, 2011, No. 5(21), pp. 87-95 (In Russ.).
8. Tarakanov B.V., Nikolicheva T.A., Aleshin V.V. *Proshloe, nastoyashchee i budushchee zootekhnicheskoi nauki: tr. VIZh.*, 2004, Vol. 62., No. 3, pp. 69-73 (In Russ.).
9. Ushakova N.A., Nekrasov R.F., Pravdin V.G. i dr. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2012, No. 1, pp. 184-192 (In Russ.).
10. Ushkalova E.A. *Farmateka*, 2007, No. 6, pp. 18-25 (In Russ.).
11. Ibrahim M.D. Evolution of probiotics in aquatic world: potential effects, the current status in Egypt and recent prospective. *J. Adv. Res.*, 2015, No. 6(6), pp. 765-791.
12. Didenko E.A., Nozdrin G.A. *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Abstracts of papers, 2016, pp. 327-329. (In Russ.).
13. Nozdrin G.A., Tishkov S.N., Ivanova A.B., Nozdrin A.G. *Materialy II mezhd. kongressa vet. farmakologov i toksikologov, posv. vos'midesyatiletuyu zaslužennogo deyatelya nauki RF V.D. Sokolova* (Mat. II int. Congress vet. Pharmacologists, & toxicologists, dedicated. 80th anniversary of the honored scientist of the Russian Federation V.D. Sokolov), Abstracts of papers, 2012, pp. 191-192. (In Russ.).
14. Gómez-Gallego C., Junnila J., Mannikko S. et al. A canine-specific probiotic product in treating acute or intermittent diarrhea in dogs: A double-blind placebo-controlled efficacy study. *Vet. Microbiol.*, 2016, No. 197, pp. 122-128.
15. Karkishchenko N.N., Grachev S.V. *Rukovodstvo po laboratornym zivotnym i al'ternativnym modelyam v biomeditsinskikh tekhnologiyakh* (Guidance on laboratory animals and alternative models in biomedical technology), Moscow, 2010, 334 p.

**СОМАТИЧЕСКАЯ ХРОМОСОМНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ У КОРОВ
ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА****Д.В. Самсонов, аспирант****Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: samdim2011@mail.ru****Ключевые слова:** голштинская
порода скота, соматическая
хромосомная нестабильность,
абберации, полиплоидия, ане-
уплоидия

Реферат. Изложены результаты исследований соматической хромосомной нестабильности – анеуплоидии и полиплоидии, количества фрагментов и разрывов в клетках крови голштинских коров с продуктивностью свыше 9000 кг. Исследования проведены в ОАО «Ваганово» Промышленновского района Кемеровской области на популяции голштинских коров. Подготовка проб проводилась по методу П. Мурхед и соавторов, а их окрашивание – по Романовскому-Гимза. Изучено 2452 метафазных пластинки крови скота. В зоне его содержания и разведения была проанализирована экологическая обстановка. Исследования почвы, кормов, органов и тканей у сельскохозяйственных животных разных видов подтверждают тот факт, что на территории Западной Сибири отсутствуют загрязнения тяжелыми металлами и их уровень находится в пределах санитарных норм. В результате исследования была установлена частота соматической хромосомной нестабильности, включающей числовые нарушения и структурные абберации хромосом. В изученной выборке частота полиплоидии составила 0,74 %, тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии 0,41; 0,25 и 0,08 % соответственно. Частота фрагментов и разрывов была приблизительно одинаковой – 3,83 и 2,91 % соответственно. Общий уровень аббераций хромосом составил 6,75 %. Количество диплоидных клеток было на уровне 84,25 %. В связи с малочисленностью данных по соматической хромосомной нестабильности голштинской породы в условиях Кузбасса полученные данные можно предварительно рассматривать в качестве нормальных значений, а также использовать при оценке интерьера животных.

**SOMATIC CHROMOSOMAL INSTABILITY IN HOLSTEIN COWS IN KUZBASS
CONDITIONS****D.V. Samsonov, PhD Student****Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Key words: Holstein cattle, somatic chromosomal instability, aberrations, polyploidy, aneuploidy.

Abstract. The results of studies of somatic chromosomal instability aneuploidy and polyploidy, the number of fragments and breaks in the blood cells of Holstein cows with a productivity of over 9000 kg are presented. The studies were carried out at JSC “Vaganovo” of the Promyshlennovskiy district of the Kemerovo Region on a population of Holstein cows. Sample preparation was carried out according to the method of P. Moorhead and co-authors, and their staining according to Romanovsky-Giemsa. 2452 metaphase plates of cattle blood were studied. The ecological situation was analyzed in the zone of its keeping and breeding. Studies of soil, feed, organs and tissues in farm animals of various species confirm the fact that there are no heavy metal contamination on the territory of

Western Siberia and their level is within the limits of sanitary standards. As a result of the study, the frequency of somatic chromosomal instability, including numerical violations and structural aberrations of chromosomes, was established. In the studied sample, the frequency of polyploidy was 0.74%, tetraploidy, triploidy and hexaploidy 0.41; 0.25 and 0.08%, respectively. The frequency of fragments and breaks was approximately the same - 3.83 and 2.91%, respectively. The overall level of chromosome aberrations was 6.75%. The number of diploid cells was 84.25%. Due to the paucity of data on the somatic chromosomal instability of the Holstein breed in Kuzbass conditions, the data obtained can be preliminarily considered as normal values, and also used in assessing the interior of animals.

Хромосомная нестабильность, или неспецифические нарушения кариотипа, встречается в любом организме. В небольших количествах она не несет угрозу для организма и служит фактором естественной изменчивости. Ряд авторов сообщают о росте хромосомной нестабильности у высокопродуктивных животных как части процесса усиленного метаболизма на клеточном уровне [1]. Хромосомные аномалии могут возникать у потомства генетически здоровых животных, что встречается достаточно редко, но большинство возникает при спонтанном прижизненном мутагенезе в соматических клетках. Большое количество хромосомных аномалий говорит о нарушениях генетического аппарата, а также возможной болезни у животных. Поэтому данный показатель важен при оценке животных в селекционно-племенной работе. В литературе описаны нормальные уровни хромосомной нестабильности для некоторых видов сельскохозяйственных животных, в пределах которых её наличие не влияет на продуктивность и воспроизводительную способность [1, 2].

Причиной нарушений кариотипа может быть как естественная изменчивость, так и экологические (антропогенные) факторы, например химическое, радиационное, электромагнитное загрязнение. Существует огромный ряд мутагенов, которые могут проникать в организм и менять его генетическую структуру. Воздействовать на генетический аппарат могут также наличие паразитов в организме (гельминты, бактериальные инфекции и т.д.), ветеринарная обработка (воздействие вакцин, антибиотиков). Мутагенез ДНК может вызывать и внедрение вирусов, реплицирующих чужеродные нуклеиновые кисло-

ты [3–7]. Установлена связь влияния тяжёлых металлов на частоту полиплоидии у крупного рогатого скота [3, 8].

Негативное влияние генетических дефектов на хозяйственно полезные качества сельскохозяйственных животных делает необходимым проведение постоянного цитогенетического контроля. В настоящее время цитогенетический скрининг является одним из самых эффективных средств выявления процессов мутагенеза у животных. Особей с большим количеством хромосомных нарушений (генетическим грузом) выбраковывают [8–13].

В литературе описан целый ряд патологических состояний у животных, связанных с повышенным уровнем нарушений кариотипа, однако отсутствуют данные по соматической хромосомной нестабильности голштинского скота на территории Кузбасса [14, 15].

В настоящее время на территории Западной Сибири проводится изучение фенотипа и генофонда сельскохозяйственных животных: свиней породы СМ-1, кемеровской и ландрас, овец романовской породы, яков, чёрно-пёстрой, а также симментальской, якутской, серой украинской, красной степной пород скота [1, 8–13, 15–20].

Цель исследований – установить уровень соматической хромосомной нестабильности у голштинской породы крупного рогатого скота на территории Кузбасса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на популяции здоровых высокопродуктивных коров голштинской породы первой лактации с продуктивностью около 9000 кг, разводимой в ОАО

«Ваганово» Кемеровской области. Забор крови для лабораторных цитогенетических исследований проводили из яремной вены в стерильные пробирки с раствором гепарина. Исследовано 2452 метафазных пластинки по методу П. Мурхед и соавторов [21]. Подсчёт метафазных пластинок производился при иммерсионном увеличении микроскопа. Частота полиплоидии (триплоидов, тетраплоидов, гексаплоидов) определялась по 200 клеткам. Частоту истинной анеуплоидии на 100 клеток изучали по количеству гиперплоидов, умноженных на два. Анализ анеуплоидии был выполнен по методике Н.П. Бочкова и соавторов [22]. Определены виды хромосомных aberrаций и их общий уровень. Установлено количество диплоидных клеток с целью определения соматической хромосомной нестабильности животных.

Результаты исследований обрабатывались статистически с использованием стандартных программ MS Excel и Statistica 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении количественных и качественных признаков у различных видов животных важно знать, в каких условиях проводилось исследование. Содержание тяжёлых металлов в почве, воде и кормах дает представление об условиях окружающей среды. Анализ данных литературы по ОАО «Ваганово» показал, что содержание тяжёлых металлов в кормах находилось в пределах нормы [23].

Установлено, что количество полиплоидных клеток составило меньше процента. При исследовании полиплоидии были обнаружены триплоиды, тетраплоиды и гексаплоиды. Частота тетраплоидов была в 1,6 раза выше, чем триплоидов, и в 5 раз больше, чем гексаплоидов. Частота гиперплоидии и истинной анеуплоидии составила менее 1%, что говорит о достаточно низком её значении.

Большое превышение гипоплоидных клеток над гиперплоидными, вероятнее всего, связано с технологией приготовления

препаратов хромосом. Основной причиной возникновения анеуплоидии является нерасхождение хромосом в митозе и мейозе. Следовательно, число гиперплоидных клеток должно быть равным числу гипоплоидных, т.к. если одна дочерняя клетка получила дополнительную хромосому, то другая дочерняя клетка должна её утратить. Поэтому критерием истинной анеуплоидии следует считать число гиперплоидных клеток, умноженное на два [1].

Общее количество диплоидных клеток – показателя цитогенетической стабильности – составило 84,25%. Исследование хромосомных aberrаций показало, что их уровень был равен 6,75%. Количество клеток с фрагментами составило 3,83, а клеток с разрывами – 2,91% (таблица).

**Частота хромосомной нестабильности
у голштинского скота
Frequency of chromosomal instability
in Holstein cattle**

Показатели	Частота, %	lim
Триплоидные клетки	0,250±0,099	0–3
Тетраплоидные клетки	0,410±0,128	0–3
Гексаплоидные клетки	0,080±0,057	0–1
Общая полиплоидность	0,740±0,172	0–3
Анеуплоидия (расчётная)	14,250±0,780	12–16
Анеуплоидия (истинная)	0,830±0,128	0–1
Гиперплоидия	0,417±0,190	0–1
Гипоплоидия	13,833±0,100	12–16
Фрагменты	3,833±0,560	3–5
Разрывы	2,916±0,490	2–4
Хромосомные aberrации	6,750±0,740	5–8
Диплоидные клетки	84,250±0,500	80–86

Полученные результаты по данной выборке говорят о том, что цитогенетические параметры исследуемых животных находились в пределах нормы для здоровых животных и совпадают с данными литературы [2, 14, 18]. Но в то же время надо учитывать малый объём выборки, при увеличении которого результаты могут отличаться от референсных значений для чёрно-пестрой породы. Уровень хромосомной нестабильности у разных видов сельскохозяйственных животных зависит от большого количества факторов, например, экологической обстановки, внутривидовых

различий, здоровья животных. Все это надо учитывать в дальнейших исследованиях.

Ряд авторов описывают большую изменчивость у крупного рогатого скота средних значений хромосомных aberrаций. В.С. Качура приводит сведения об их диапозоне в пределах от 0,17 до 11,1 % [8]. В исследованиях скота чёрно-пестрой породы на территории Сибири Е.В. Камалдинов установил, что частота хромосомных aberrаций была равна 4,81 %, а количество диплоидных клеток у здоровых животных составило 84,6 % [24], что весьма схоже с полученными нами результатами.

По данным литературы, на уровень хромосомных нарушений может влиять не только экологическая обстановка, но и генофонд животных [11]. М.Л. Кочневой установлено влияние генофонда пород на интерьерные цитогенетические параметры быков производителей. Так, для чёрно-пестрой породы характерен высокий процент гиперпloidии, красной степной – полипloidии, а у симментальского скота часто встречается повышенная частота разрывов. Частота полипloidии у крупного рогатого скота в сравнении со свиньями была выше в 2,5 раза ($P < 0,001$) [12].

На рост хромосомной нестабильности влияет механизм адаптации к новой среде. Так, по данным ряда авторов, импортированные животные при смене условий среды имеют уровень соматических хромосомных нарушений гораздо выше, чем у местных пород, несмотря на благоприятную экологическую обстановку [11, 18].

Е.В. Камалдинов в своих исследованиях описывает значительную разность между значениями хромосомной нестабильности у серого украинского и чёрно-пестрого скота в условиях Западной Сибири в экологически благополучном районе. Так, у интродуцированного серого украинского скота количество полипloidных и анеупloidных клеток было выше в 1,7 раза, а диплоидных клеток – ниже на 8 %, чем у животных чёрно-пестрой породы. Разность по количеству хромосомных aberrаций достигала 4 раз. Схожие данные получены при сравнении интродуцирован-

ного якутского и серого украинского скота по хромосомной нестабильности с чёрно-пестрой породой. Это можно объяснить включением механизмов адаптации животных в процессе интродукции данных субпопуляций в Западную Сибирь [17, 18, 24]. М.Л. Кочнева приводит аналогичные данные, сравнивая рост хромосомных мутаций у импортированных в Западную Сибирь животных голштинской и голштинизированной чёрно-пестрой породы в сопоставлении с местными породами [12].

В своих исследованиях кариотипа украинской красно-пестрой молочной породы В.В. Дзіцюк [16] приводит данные по количеству хромосомных aberrаций у животных с нарушениями воспроизводительной способности в сравнении с контрольной группой здоровых. Разность в количестве aberrаций составила 7 % (18,5 и 12,1 %) соответственно, при этом число разрывов в обеих группах различалось в 2,2 раза (соответственно 5,5 и 2,3 %), количество фрагментов было в 1,4 раза выше (3,9 и 2,86 %). По частоте анеупloidии различия достигали 2 раз (4,9 и 2,5 %).

По данным литературы, рост частоты хромосомных аномалий негативно влияет на воспроизводительную способность, поэтому животных с большим количеством цитогенетических нарушений выбраковывают. Животные с наличием заболеваний имеют гораздо больший показатель как полипloidии и анеупloidии, так и хромосомных aberrаций [2, 3, 8–13, 16–20, 26].

Сравнивая здоровых и больных свиней породы СМ-1, М.Л. Кочнева приводит двукратную разницу по частоте полипloidов. При сравнении частоты анеупloidии установлено, что количество гиперпloidов у больных в 4,4 раза выше, чем у здоровых животных [12]. В дальнейших наших исследованиях планируется установить частоту полипloidии у здоровых и больных коров.

Р.Б. Чысыма анализировала данные по хромосомной нестабильности у яков в экологически неблагополучном и условно чистом районах. У животных из экологически неблагополучного Бай-Тайгинского района,

где имеются рудные выходы на поверхность радиоактивных урановых минералов, отмечается рост гипоплоидии (на 1,6%), частота полиплоидии увеличена в 4 раза (2,7 и 0,7%) в сравнении с животными из более благополучной зоны. Уровень соматической хромосомной нестабильности различался в 2,2 раза (11,1 и 4,7%). Количество диплоидных клеток было меньше на 5,9% [19, 20].

У овец хромосомные аномалии являются причиной четверти спонтанных аборт (в среднем 24–26%), при этом носитель хромосомной аномалии встречается один раз на 100 рождений. Рядом авторов установлена повышенная полиплоидность, при этом наиболее часто встречаются триплоиды (65%) и октаплоиды (20%). Уровень полиплоидии варьирует от 0,5 до 1,36% [25].

Имеются межвидовые различия по частоте соматической хромосомной нестабильности. Исследование В.А. Андреевой [27, 28] хромосомных аномалий у овец романовской породы в ЗАО «Ваганово», где изучался голштинский скот, даёт схожие данные с другими авторами. Общая частота полиплоидов равна 1,33%. Были обнаружены триплоиды и тетраплоиды, при этом частота триплоидии оказалась в 1,4 раза выше ($P>0,99$). Количество гекса- и октоплоидов было минимальным

и составило менее 0,01%. В.А. Андреевой с соавторами показано влияние генотипа баранов-производителей на количество фрагментов в клетках потомков [10].

Таким образом, предварительно установлена средняя частота некоторых показателей соматической хромосомной нестабильности. Эти данные могут быть использованы при изучении генофонда и фенофонда голштинского скота Кузбасса и для сравнения различных пород и видов животных.

ВЫВОДЫ

1. Установлена частота соматической хромосомной нестабильности голштинского скота в условиях Кузбасса. Общий уровень хромосомных aberrаций составил 6,75%. Частота фрагментов и разрывов была приблизительно одинаковой и изменялась от 3,83 до 2,91%. Количество диплоидных клеток равно 84,25%.

2. Общий уровень полиплоидии равен 0,74%, а гиперплоидии – 0,417%. Частота тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии составила 0,41; 0,25 и 0,08% соответственно. Полученные данные предварительно можно использовать для более детальной цитогенетической оценки интерьера животных и в экологических исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов А.С. Цитогенетический скрининг в различных популяциях голштинизированного скота: дис. ... д-ра биол. наук. – Пермь, 2009. – 221 с.
2. Куликова С.Г. Цитогенетический мониторинг крупного рогатого скота в разных экологических зонах Западной Сибири и Северного Казахстана: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1998. – 294 с.
3. Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia. / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, V. L. Petukhov [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2016. – Т. 7, N 4. – С. 1758–1764.
4. Cooper 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. – Т. 44, N 5. – С. 74.
5. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L. V. Osadchuk, M. A. Kleshev, O. I. Sebezko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Vol. 31, N 1. – С. 35–42.
6. 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. – Т. 9, N 4. – С. 368–374.

7. *Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation on heavy metals in organs and tissues, and resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva* / L.V. Sebezshko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 9, N 9. – С. 1530–1535.
8. Качура В.С. Хромосомные нарушения у крупного рогатого скота (*Bos taurus* L.) // *Цитология и генетика*. – 1982. – Т. 16, № 4. – С. 60–71.
9. *Биология, генетика и селекция овцы* / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов и [др.]. – Новосибирск: НГАУ; ИциГ, 2010. – 524 с.
10. Влияние генотипа баранов-производителей на количество фрагментов хромосом в клетках потомства / В.А. Андреева, В. Ли, М. Лью [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2019. – № 4 (53). – С. 23–31.
11. *Генетические основы селекции* / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, И.И. Гудилин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1983. – 448 с.
12. Кочнева М.Л. Мониторинг популяций сельскохозяйственных животных в разных экологических условиях: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 292 с.
13. Кочнева М.Л., Бутеева С.К., Жиденова А.Н. Цитогенетический эффект реакции импортированного скота на изменение условий среды // *Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Моск. Междунар. конгр. ЗАО «Экспо-биохим-технологии»* / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – М., 2015. – С. 220–222.
14. Самсонов Д.В. Соматическая три- и тетраплоидность у высокопродуктивного голштинского скота в условиях Западной Сибири // *Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Горн.-Алт. гос. ун-та*. – 2019. – С. 192–194.
15. Самсонов Д.В. Частота полиплоидии у голштинского скота // *Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Нац. (всерос.) конф.* – Новосибирск, 2019. – С. 346–348.
16. Дзіцюк В.В., Передрій М.М. Внутріпородна каріотіпова мінливість корів української чорнової роботи молочної породи різного ступеня спорідненості // *Біологія тварин*. – 2017. – Т. 19, № 3. – С. 36–41.
17. Камалдинов Е.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Фонд эритроцитарных антигенов и хромосомная нестабильность у якутского скота / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов // *Сельскохозяйственная биология*. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 51–56.
18. Камалдинов Е.В., Себезшко О.И. Фенотипическое сходство пород скота по показателям хромосомной нестабильности // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф.* – 2017. – С. 191–194.
19. Чысыма Р.Б. Хозяйственно-биологические особенности яков в различных условиях Республики Тыва: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 252 с.
20. Чысыма Р.Б., Кочнева М.Л., Петухов В.Л. Хромосомная нестабильность у яков в разных экологических районах Республики Тыва // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2005. – № 1. – С. 110–112.
21. *Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood* / P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battlps [et al.] // *Exptl Cell Res*. – 1960. – Vol. 20, N 3. – P. 613–616.
22. Анализ анеуплоидии в культурах эмбриональных фибробластов и лейкоцитов человека / Н.П. Бочков, В.М. Козлов, А.В. Севаньяев, М.М. Антощина // *Генетика*. – 1966. – № 10. – С. 120–124.
23. *Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes* / T.V. Skiba, A.K. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 9, N 6. – С. 958–964.
24. Антигенный статус и хромосомная нестабильность серого украинского скота / Е.В. Камалдинов, А.В. Кушнир, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2010. – № 12 (216). – С. 67–73.
25. Коновалова Т.В. Связь частоты полиплоидии с уровнем некоторых тяжелых металлов в органах скота черно-пестрой породы // *Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Новосибирск, 2018. – С. 28–30.

26. Куликова С. Г. Спонтанные хромосомные aberrации в различных экологических условиях Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 584.
27. Андреева В. А. Соматическая три- и тетраплоидность у овец в условиях Западной Сибири // Экологические проблемы животных и человека: материалы конф. – Новосибирск: НГАУ, 2019. – С. 31–34.
28. Андреева В. А., Саурбаева Р. Т. Соматическая гекса- и октоплоидность у овец романовской породы в условиях Западной Сибири // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., проводимой совместно с Том. СХИ – фил. ФГБОУ ВО Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2019. – С. 4–6.

REFERENCES

1. Semenov A. S. *Tsitogeneticheskii skrining v razlichnykh populyatsiyakh golshtinizirovannogo skota* (Cytogenetic screening in different populations of Holstein cattle), Doctors thesis, Perm, 2009, 221 p.
2. Kulikova S. G. *Tsitogeneticheskii monitoring krupnogo rogatogo skota v raznykh ekologicheskikh zonakh Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana* (Cytogenetic monitoring of cattle in different ecological zones of Western Siberia and Northern Kazakhstan), Doctors thesis, Novosibirsk, 1998, 294 p.
3. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Petukhov V. L., Syso A. I., Sebezhko O. I., Shinin N. I., Fedayev J. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V. Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia, *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, Vol. 7, No. 4, pp. 1758–1764.
4. Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., Fedayev Y. I., Shishin V. I., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V. Cooper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, No. 5, p. 74.
5. Osadchuk L. V., Kleshnev M. A., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Shinin 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, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.
6. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S., Petukhov V. L., Sebezhko O. I., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Kamaldinov E. V., Sokolov V. A. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
7. Sebezhko O. I., Petukhov V. L., Shishin N. I., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Zheltikov A. I., Marenkov V. G., Nezavitin A. G., Osadchuk L. V., Chysyma R. B., Kuzmina E. E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation on heavy metals in organs and tissues, and resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 9, pp. 1530–1535.
8. Kachura V. S. *Tsitologiya i genetika*, 1982, Vol. 16, No. 4, pp. 60–71. (In Russ.).
9. Kushnir A. V., Glazko V. I., Petukhov V. L., Dimov G., Storzhuk S. I. *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and selection of sheep), Novosibirsk, NSAU, ITsiG, 2010, 524 p.
10. Andreeva V. A., Li V., Lyu M., Konovalova T. V., Klimanova E. A., Sebezhko O. I., Nazarenko A. V. *Vestnik NSAU*, 2019, No. 1 (53), pp. 23–31 (In Russ.).
11. Petukhov V. L., Ernst L. K., Gudilin I. I., Golubev A. K., Zlochevskaya K. V., Krasota V. F., Levatin D. L., Sorokina I. I., Trut L. N., Tsalitis A. A., Chamuha M. D., Borodin P. M., Diasov G. I. *Geneticheskie osnovy selektsii* (Genetic basis of selection), Moscow: Agropromizdat, 1983, 448 p.
12. Kochneva M. L. Monitoring populyatsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v raznykh ekologicheskikh usloviyakh (Monitoring of populations of farm animals in different environmental conditions), Doctor's thesis, Novosibirsk, 2005, 292 p.
13. Kochneva M. L., Buteeva S. K., Zhidenova A. N. *Biotekhnologiya: sostoyanie i perspektivy razvitiya* (Bacteriology: state and development prospects) Proceeding of the VIII Moscow International Congress.

- ЗАО «Ekspo-biokhim-tekhologii», RKhTUim. D.I. Mendeleeva, March 17–20, 2015, Moscow, 2015, pp. 220–222. (In Russ.).
14. Samsonov D.V. *Aktual'nye problemy sel'skogo khozyaystva gornyykh territoriy* (Actual problems of mountain agriculture), Proceeding of the VII Scientific conference dedicated to the 70th anniversary of Gorno-Altai State University, June 06–09, 2019, Gorno-Altai, 2019, pp. 192–194. (In Russ.)
15. Samsonov D.V. *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceeding of 2nd All-Russia Conference, February 26, 2019, Novosibirsk, 2019, pp. 346–348. (In Russ.)
16. Dzitsyuk V.V., Peredrii M.M. *Biologiya tvarin*, 2017, Vol. 19, No. 3, pp. 36–41.
17. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. *Selskokhozyaystvennaya biologiya*, 2011, Vol. 46, No. 2, pp. 51–56. (In Russ.).
18. Kamaldinov E.V., Sebezshko O.I. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusii Bolgarii* (Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), Proceeding of the XX International Practical Conference, October 04–06, 2017, Novosibirsk, 2017, pp. 191–194.
19. Chysyma R.B. *Khozyaystvenno-biologicheskie osobennosti yakov v razlichnykh usloviyakh Respubliki Tyva* (Economic and biological characteristics of yaks in different conditions of the Tyva Republic), Doctors thesis, Novosibirsk, 2006, 252 p.
20. Chysyma R.B., Kochneva M.L., Petukhov V.L. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki*, 2005, No. 1, p. 110–112. (In Russ.).
21. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J., Battlps D.M., Hunge-jord D.A. Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood, *Exptl Cell Res.*, 1960, Vol. 20, No. 3, pp. 613–616.
22. Bochkov N.P., Kozlov V.M., Sevankaev A.V., Antoshchina M.M. *Genetika*, 1966, No.10, pp. 120–124 (In Russ.).
23. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
24. Kamaldinov E.V., Kushnir A.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki*, 2010, No. 12 (216), pp. 67–73 (In Russ.).
25. Konovalova T.V. *Kormoproizvodstvo, produktivnost», dolgoletie i blagopoluchie zhyvotnykh* (Feed production, productivity, longevity and animal welfare), Proceeding of the International Scientific conference, October 04–05, 2018, Novosibirsk, 2018, pp. 28–30. (In Russ.)
26. Kulikova S.G. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 3, p. 584 (In Russ.).
27. Andreeva V.A. *Ekologicheskie problemy zhyvotnykh i cheloveka* (Environmental problems of animals and humans), Proceeding of the conference, Novosibirsk, 2019, pp. 31–34. (In Russ.)
28. Andreeva V.A., Saurbaeva R.T. *Sostoyanie i perspektivy uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii sel'skogo khozyaystva* (Status and prospects of increasing the production of high-quality agricultural products), Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2019, pp. 4–6.

**ЭПИЗООТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ПО ТРЕМАТОДОЗАМ МАРАЛОВ
В АЛТАЙСКОМ КРАЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОТРЕМАТОДОЗНОГО
ПРЕПАРАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОПЫТЕ**

М. Ю. Тишков, кандидат ветеринарных наук,
ведущий научный сотрудник

О. Н. Шмакова, научный сотрудник

Федеральный Алтайский научный центр
агробиотехнологий, Барнаул, Россия
E-mail: wniipo@rambler.ru

Ключевые слова: гельминты, маралы, трематодозы, противопаразитарные препараты, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии, экстенсэффективность, интенсэффективность

Реферат. Алтайский край всегда был и остается регионом развитого животноводства. Пантовое оленеводство является неотъемлемой его составляющей, специализирующейся на разведении маралов и пятнистых оленей. Одна из основных проблем, с которой сталкиваются в мараловодстве, это зараженность животных гельминтами. Устойчивость гельминтов к разнообразным воздействиям внешней среды без потери инвазионности, а также антгельминтные обработки, проводимые, как правило, одними и теми же препаратами из группы макроциклических лактонов, не оказывающих достаточного губительного действия на возбудителей паразитарных болезней (в частности, на трематод), способствуют циркуляции гельминтов и их распространению. В связи с этим нами была поставлена цель: проанализировать эпизоотическую ситуацию по трематодозам маралов в хозяйствах Алтайского края и изучить эффективность противопаразитарного действия препарата Сантел 10 %. В ходе выяснения эпизоотической ситуации по трематодозам маралов в основных мараловодческих районах Алтайского края установлено, что эта группа на данный момент представлена возбудителем дикроцелиоза. В целом за период исследований инвазированность маралов возбудителем дикроцелиоза имела тенденцию к небольшому уменьшению по показателю экстенсивности инвазии – на 20 %. Опыт по изучению противотрематодозной эффективности препарата Сантел 10 % производства ООО «ВИК–здоровье животных» (Россия) проводили на маралах-рогачах в Алтайском районе Алтайского края. В результате производственного опыта по применению препарата Сантел 10 % на спонтанно инвазированных маралах выявлено, что препарат эффективен в отношении дикроцелий, в частности, по показателю интенсэффективности, который составил 84,5 % при интенсэффективности 40 %.

EPIZOOTIC SITUATION ON TREMATODES OF MARALS IN THE ALTAI REGION AND THE EFFECTIVENESS OF AN ANTI-TREMATODE DRUG IN PRODUCTION EXPERIENCE

M.Iu. Tishkov, Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher

O.N. Shmakova, Researcher

Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology, Barnaul, Russia

Key words: helminths, marals, trematodes, antiparasitic drugs, extensiveness of invasion, intensity of invasion, extension efficiency, intensity efficiency.

Abstract. Altai Region has always been and remains a region of developed animal husbandry. Velvet antler industry is an integral part of it. It specializes in the breeding of marals and sika deer. One of the main problems encountered in maral breeding is the infection of animals with helminths. The resistance of helminths to various environmental conditions without loss of invasiveness, as well as anthelmintic treatments is carried out, as a rule, with the same drugs from the group of macrocyclic lactones. They do not have a sufficient destructive effect on the causative agents of parasitic diseases (in particular, on trematodes) and promote helminths circulation and their distribution. In this regard, we set a goal: to analyze the epizootic situation in terms of trematodes of marals in the farms of the Altai Region and to study the effectiveness of the antiparasitic action of the drug Santel 10%. In the course of clarifying the epizootic situation on trematodosis of marals in the main maral breeding areas of the Altai Region, it was established that this group is currently represented by the causative agent of dicroceliosis. In general, over the period of research, the invasion of marals by the causative agent of dicroceliosis tended to slightly decrease in terms of the extent of invasion - by 20%. An experiment in the study of the anti-trematode efficacy of the drug Santel 10% by OOO VIK-Animal Health (Russia), was carried out on stag beetles in the Altai Territory of the Altai Region. As a result of production experience on the use of the drug Santel 10% on spontaneously infested marals, it was revealed that the drug is effective against dicrocelia, in particular, in terms of intensity efficiency, which was 84.5% with an intensity efficiency of 40%.

Алтайский край всегда был и остается регионом развитого животноводства. Пантовое оленеводство является его неотъемлемой составляющей, специализирующейся на разведении маралов и пятнистых оленей.

Увеличение продукции пантового оленеводства и улучшение ее качества при наименьших затратах – важнейшая задача науки и практики [1].

Одна из основных проблем, с которой сталкиваются в мараловодстве, это зараженность животных гельминтозами, которые наносят значительный экономический ущерб, складывающийся из ухудшения качества основной и побочной продукции мараловодства (вследствие болезни) и гибели животных.

Большая концентрация животных, высокая нагрузка на единицу площади пастбища, наличие промежуточных хозяев, устойчи-

вость гельминтов к разнообразным воздействиям внешней среды без потери инвазивности способствуют их циркуляции и распространению [2, 3]. Кроме того, антгельминтные обработки проводятся, как правило, препаратами из группы макроциклических лактонов, не оказывающих достаточного губительного действия, в частности, на трематод.

Установлено, что паразитоценоз маралов представлен 21 видом гельминтов, в том числе одним представителем трематод – возбудителем дикроцелиоза [4].

Трематодозы животных широко распространены во многих странах мира, в том числе в Российской Федерации [5–11]. Масштабное распространение в мараловодческих хозяйствах Алтайского края получил дикроцелиоз, чему способствовали подходящие природно-климатические условия и наличие промежу-

точных хозяев. Одним из факторов, влияющих на распространение дикроцелиоза, является отсутствие мер эффективной профилактики и борьбы с ним в хозяйствах из-за пренебрежительного отношения ветеринарных специалистов к использованию препаратов, действующих на трематод.

В связи с этим была поставлена цель: проанализировать эпизоотическую ситуацию по трематодозам (дикроцелиозу) маралов в хозяйствах Алтайского края и изучить эффективность противопаразитарного действия препарата Сантел 10%.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эпизоотическую ситуацию по трематодозам (дикроцелиозу) маралов рассматривали на примере мараловодческих хозяйств Алтайского края в период 2016–2018 гг.

Материал отбирали на 8 маралофермах от разных половозрастных групп животных ($n = 850$) по общепринятой методике [12].

Исследования проводили методами седиментации согласно ГОСТ Р 54627–2011 и неполных гельминтологических вскрытий в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», отделе ВНИИПО.

Опыт по изучению противотрематодозной эффективности препарата Сантел 10% производства ООО «ВИК–здоровье животных» (Россия) [14] проводили на маралах-рогачах мараловодческого хозяйства Алтайского района Алтайского края. Подкожную инъекцию препарата осуществляли однократно в дозе 0,5 мл на 10 кг массы животного во время проведения осенней обработки. Кoproлогический материал отбирали из прямой кишки до обработки антгельминтиком и спустя 30 дней.

Учет эффективности проводили по результатам копрологических исследований через 30 дней после проведения дегельминтизации и контрольного убоя.

Экстенс- и интенсэффективность препарата рассчитывали по формулам

$$\text{ЭЭ} = 100 - (P : M) : (P_1 : M_1) \times 100 \text{ и}$$

$$\text{ИЭ} = 100 - (П : M) : (П_1 : M_1) \times 100,$$

где M – количество животных, обследованных после лечения;

M_1 – количество обследованных контрольных животных;

P – количество пораженных животных после лечения;

P_1 – количество пораженных контрольных животных;

$П$ – количество обнаруженных паразитов, яиц или личинок после лечения;

$П_1$ – количество обнаруженных паразитов, яиц или личинок у контрольных животных.

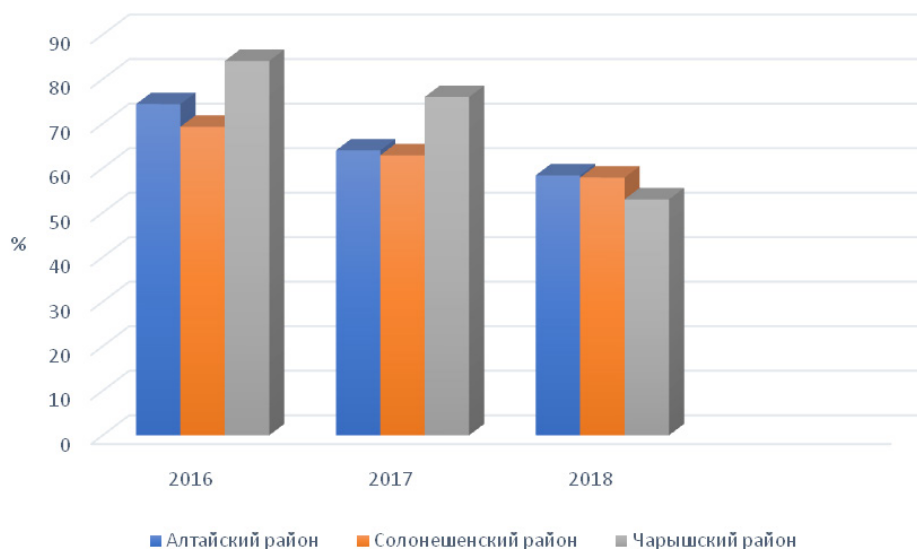
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Алтайского края мараловодство сосредоточено в основном в Алтайском, Солонешенском и Чарышском районах. Это предгорные районы, по уровню увлажнения относящиеся к влажной зоне.

В ходе выяснения эпизоотической ситуации по трематодозам маралов в мараловодческих хозяйствах Алтайского края установлено, что эта группа представлена возбудителем дикроцелиоза (*Dicrocoelium lanceatum*), который за 2016–2018 гг. как функционирующая паразитарная система отмечен во всех хозяйствах у большинства половозрастных групп, во все сезоны года.

Эпизоотическая ситуация по дикроцелиозу маралов в разрезе мараловодческих районов в данный временной промежуток представлена на рисунке.

Как видим, наибольшая инвазированность дикроцелиозом наблюдалась в Чарышском районе в 2016 г. (экстенсивность инвазии – 84,1 %) и 2017 г. (экстенсивность инвазии – 76 %), но в 2018 г. показатель экстенсивности инвазии оказался наименьшим по сравнению с другими районами и составил 53 %.



Экстенсивные показатели инвазированности маралов дикроцелиозом в разрезе мараловодческих районов за период 2016–2018 гг.
Extensive indicators of the invasion of red deer by dicroceliosis in the context of maral breeding regions for the period 2016-2018.

В Алтайском и Солонешенском районах за аналогичный период времени наблюдалось стабильное снижение показателей экстенсивности инвазии. Так, в Алтайском районе показатели экстенсивности снизились с 74,4% в 2016 г. до 58,4 в 2018 г., а в Солонешенском с 69,3 до 57,9% соответственно.

В целом в эти годы наблюдалось общее снижение инвазии дикроцелиозом во всех мараловодческих районах.

По половозрастным группам инвазированность маралов возбудителем дикроцелиоза выглядела следующим образом. У маралов-рогачей экстенсивность инвазии в среднем снизилась с 76,9 (интенсивность инвазии от 28 до 709 экз.) до 58,4% (интенсивность инвазии от 1 до 348 экз.), у маралух – с 70,6% (интенсивность инвазии от 65 до 604 экз.) до 57,9% (интенсивность инвазии от 3 до 297 экз.). Наиболее заметное снижение показателей экстенсивности инвазии наблюдалось у молодняка – с 80,2 при интенсивности инвазии от 19 до 593 экз. до 53% при интенсивности инвазии от 1 до 318 экз.

В среднем среди половозрастных групп маралов наблюдалось снижение экстенсивности инвазии с 76 до 56%, по показателю интенсивности – с 19–709 до 1–348 экз., т.е.

динамика экстенсивности снизилась на 20%, а интенсивности – на 46%.

До проведения опыта по изучению эффективности противотрематодозного действия препарата Сантел 10% были проведены копрологические исследования и получены следующие результаты дикроцелиозной инвазии: экстенсивность 83% с интенсивностью от 1 до 39 экз. в 1 г фекалий.

Через 30 дней после противопаразитарной обработки препаратом Сантел 10% экстенсивность инвазии составила 50% при интенсивности 1–21 экз.

Экстенсэффективность препарата Сантел 10% в производственном опыте составила 40,0, интенсэффективность – 84,5%.

Полученные результаты показывают, что препарат эффективен в отношении дикроцелий.

ВЫВОДЫ

1. Возбудитель дикроцелиоза широко распространен в мараловодческих хозяйствах Алтайского края, при этом выявлена тенденция к небольшому снижению показателей экстенсивности и интенсивности инвазии в исследуемый период – на 20 и 46% соответственно. Однако несмотря на снижение

экстенсивных и интенсивных показателей дикроцелиоза проблема зараженности маралов данным возбудителем остается актуальной.

2. Причины варьирования в экстенсивных и интенсивных показателях инвазированности животных чрезвычайно многообразны. Общая зависимость паразитофауны обусловлена географическими условиями и испытывает влияние ряда факторов: наличие или отсутствие промежуточного хозяина и различный состав почвы, а также антропо-

генное воздействие, выражающееся в большой нагрузке животных на единицу площади пастбищ, отсутствии пастбищеоборота, искусственной изоляции животных в вольерах, парках, угодьях и других резерватах.

3. В результате производственного опыта по применению препарата Сантел 10% на спонтанно инвазированных маралах выявлено, что препарат эффективен в отношении дикроцелий, его интенсивность составила 84,5% при экстенсивности 40%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луницын В. Г., Михайлов В. И., Тишков М. Ю. Распространение доминирующих паразитоценозов среди половозрастных групп маралов // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. – Барнаул: Азбука, 2013. – Т. 7. – 302 с.
2. Абалахин Б. Г. Профилактика ассоциированного заболевания, вызываемого паразитированием дикроцелиев, бактерий и грибов // Сборник научных трудов МВА. – М., 1993. – С. 100–102.
3. Тишков М. Ю., Михайлов В. И., Шмакова О. Н. Паразитарные болезни маралов и диких копытных мараловодческих и охотничьих хозяйств некоторых регионов Российской Федерации // Вестник НГАУ. – Новосибирск, – 2018. – № 3. – С. 103–107.
4. Ефремова Е. А., Марченко В. А., Удальцов Е. А. Распространение и сезонно-возрастные особенности зараженности маралов гельминтами подотряда Strongylata в Республике Алтай // Вестник НГАУ. – 2018. – № 2. – С. 81–90.
5. Шуклина Е. В. Особенности эпизоотологии и система лечебно-профилактических мероприятий при ассоциативной инвазии маралов: автореф. дис. ... канд. ветер. наук. – Барнаул, 2007. – 22 с.
6. Абалахин Б. Г. Влияние дикроцелиев на состав микрофлоры кишечника у романовских овец // Тез. докл. 2-го Всесоюз. съезда паразитологов. – Киев: Наукова думка, 1983. – С. 14–15.
7. Абалахин Б. Г. Дикроцелиоз и мюллерииоз овец в центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации: дис. ... д-ра ветер. наук. – Иваново, 1996. – 401 с.
8. Акбаев М. Ш. Наблюдения по эпизоотологии дикроцелиоза овец и биологии его возбудителя в условиях Карачаево-Черкесской автономной области // Сборник научных трудов МВА. – М., 1970. – С. 167–170.
9. Calamel M. La dicrocoeliose ovine et caprine dans l'esudest de la France // Rev. med. vet. France. – 1976. – N 11. – P. 1529–1530, 1533–1536.
10. Мкртчян М. Э. Трематодозы крупного рогатого скота в хозяйствах Удмуртской Республики: дис. ... д-ра ветер. наук. – Ижевск, 2016. – С. 5.
11. Parasitofauna in the gastrointestinal tract of the cervids (Cervidae) in northern Poland / P. Burliński, P. Janiszewski, A. Kroll, S. Gonkowski // Acta Veterinaria Belgrade. – 2011. – Vol. 61. – P. 269–282.
12. ГОСТ 54627–2011. Животные сельскохозяйственные жвачные. Методы лабораторной диагностики гельминтозов: Национальный стандарт Российской Федерации. – М.: Стандартинформ, 2013. – 14 с.

REFERENCES

1. Lunicyn V. G., Mihajlov V. I., Tishkov M. YU. *Problemy pantovogo olenevodstva i puti ih resheniya* (Problems of antler reindeer husbandry and ways to solve them). Collection of proceedings, Barnaul: AZBUKA, 2013, 302 p.
2. Abalahin B. G. *Sbornik nauchnyh trudov MVA*, Moscow, 1993, pp. 100–102. (In Russ.)
3. Tishkov M. YU., Mihajlov V. I., Shmakova O. N. *Vestnik NGAU*, 2018, No. 3, pp. 103–107. (In Russ.)

4. Efremova E.A., Marchenko V.A., Udaltsov E.A. *Vestnik NGAU*, 2018, No. 2, pp. 81–90. (In Russ.)
5. Shuklina Ye.V. *Osobennosti epizootologii i sistema lechebno-profilakticheskikh meropriyatiy pri assotsiativnoy invazii maralov* (Features of epizootology and the system of therapeutic and preventive measures for associative invasion of marals). Extended abstract of candidate's thesis, Barnaul, 2007, 22 p.
6. Abalakhin B.G. *Vliyaniye dikrotseliyev na sostav mikroflory kishechnika u romanovskikh ovets* (Effect of dicrocelium on the composition of intestinal microflora in Romanov sheep). Abstracts of Papers, Kiyev: Naukova dumka, 1983, pp. 14–15.
7. Abalakhin B.G. *Dikrotselioz i myullerioz ovets v tsentral'nom rayone Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii* (Dicroceliosis and mulleriosis of sheep in the Central region of the non-Chernozem zone of the Russian Federation). Doctor's thesis, Ivanovo, 1996, 401 p.
8. Akbayev M.SH. *Sbornik nauchnykh trudov MVA*, Moscow, 1970, pp. 167–170. (In Russ.)
9. Calamel M. La dicrocoeliose ovine et caprine dans l'esudest de la France. *Rev. med. vet. France*, 1976, No. 11, pp. 1529–1530, pp. 533–1536.
10. Mkrtchyan M.E. *Trematodozy krupnogo rogatogo skota v khozyaystvakh Udmurtskoy Respubliki* (The trematode of cattle in farms of the Republic of Udmurtia). Doctor's thesis, Izhevsk, 2016, pp. 5.
11. Burliński P., Janiszewski P., Kroll A., Gonkowski S. Parasitofauna in the gastrointestinal tract of the cervids (*Cervidae*) in northern Poland. *Acta Veterinaria Belgrade*, 2011, Vol. 61, pp. 269–282.
12. GOST 54627–2011 (Agricultural ruminant animals. Methods of laboratory diagnostics of helminthiasis: National standard of the Russian Federation), Moscow: Standartinform, 2013, 14 p.

**КРУПНОПЛОДНОСТЬ МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН:
ПОТЕНЦИАЛ НЕРЕАЛИЗУЕМЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ**

¹К.С. Шатохин, инженер-биотехнолог, кандидат
биологических наук

²С.В. Никитин, старший научный сотрудник, кандидат
биологических наук

²В.И. Запорожец, зоотехник

¹С.П. Князев, кандидат биологических наук, доцент

¹А.В. Ходакова, магистрант

²Д.С. Башур, лаборант

¹К.Д. Величко, студент

¹В.И. Ермолаев, доктор биологических наук

¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: true_genetic@mail.ru

Ключевые слова: мини-свиньи, селекционная группа, масса новорождённого поросёнка, гомозиготность, естественный отбор, искусственный отбор, потенциал крупноплодности, дисперсия, коэффициент регрессии

Реферат. Настоящая публикация представляет результаты анализа динамик изменения показателей крупноплодности селекционной группы мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Анализ показал, что четыре показателя крупноплодности делятся на две пары. Первую пару составляют выборочные значения признака: среднее и максимальное. Для этих показателей характерна стабильность на протяжении изучаемого периода. Во вторую пару вошли выборочные минимальные значения и стандартные отклонения признака. Эти два показателя являются динамическими: для выборочных минимальных значений характерно снижение, а для выборочных стандартных отклонений равномерное повышение, описываемое уравнениями линейной регрессии. Показано, что динамические характеристики связаны друг с другом. Определено, что в данном комплексе ведущим является минимальное значение, а ведомым – стандартное отклонение. Объясняется это тем, что увеличение стандартного отклонения сопряжено с уменьшением минимального значения и стабильностью максимального в изучаемый промежуток времени. Результатом этого процесса является рост в селекционной группе генетического потенциала, отвечающего за высокую массу новорожденной особи. Однако из-за малых по сравнению с коммерческими породами размеров свиноматок (60–70 кг) этот потенциал не может быть реализован. Тем не менее его избыточность обеспечивает стабилизацию максимального и среднего значения признака – массы новорождённой особи у мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Возможный путь повышения реализации потенциала крупноплодности селекционной группы – это снижение многоплодия свиноматок, что вполне решаемо, но вряд ли целесообразно. Таким образом, в стаде присутствует естественный отбор, направленный против особей с малой массой при рождении, который в совокупности с искусственным отбором на живую массу поросят при рождении 700 г и более способствует стабилизации среднего значения признака на оптимальном для маточного поголовья уровне.

LARGE-COPIOUS MINIPIGS OF ICG SB RAS: POTENTIAL OF UNREALIZABLE OPPORTUNITIES

¹**K.S. Shatokhin**, Biotechnological engineer, Candidate of Biological Sciences

²**S.V. Nikitin**, Senior researcher, Candidate of Biological Sciences

²**V.I. Zaporozhets**, Zootechnician

¹**S.P. Kniazev**, Candidate of Biological Sciences, Associate professor

¹**A.V. Khodakova** Master's student

²**D.S. Bashur**, Laboratory assistant

¹**K.D. Velichko**, Student

¹**V.I. Ermolaev**, Doctor of Biological Sciences

¹**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

²**Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology RAS, Novosibirsk, Russia**

Key words: mini-pigs, breeding group, newborn piglet weight, homozygosity, natural selection, artificial selection, large-copious potential, variance, regression coefficient.

Abstract. This publication presents the results of the analysis of the dynamics of changes in the large-fruited indicators of the breeding group of minipigs of the ICG SB RAS. The analysis showed that the four large-copious indicators are divided into two pairs. The first pair is made up of sample values of the characteristic: average and maximum. These indicators are characterized by stability throughout the studied period. The second pair includes the sample minimum values and standard deviations of the trait. These two indicators are dynamic: the sample minimum values are characterized by a decrease, and the sample standard deviations are characterized by a uniform increase, described by linear regression equations. It is shown that the dynamic characteristics are related to each other. It is determined that in this complex, the leader is the minimum value, and the follower is the standard deviation. This is explained by the fact that an increase in the standard deviation is associated with a decrease in the minimum value and the stability of the maximum in the studied period of time. The result of this process is the growth of the genetic potential in the breeding group, which is responsible for the high weight of the newborn individual. However, due to the small size of sows in comparison with commercial breeds (60-70 kg), this potential cannot be realized. Nevertheless, its redundancy ensures the stabilization of the maximum and average values of the trait - the mass of a newborn individual in minipigs of the ICG SB RAS. A possible way to increase the realization of the potential of large-copious breeding group is to reduce the multiple fertility of sows, which is quite solvable, but hardly advisable. Thus there is natural selection directed against individuals with a low birth weight in the herd. Natural and artificial selection for live weight of piglets at birth of 700 g or more, both help to stabilize the average value of the trait at the level optimal for the broodstock.

В настоящее время известно около 40 селекционных групп мини-свиней [1], две из которых выведены в России [2, 3]. Методы селекции и разведения мини-свиней основаны на тех же принципах, что и продуктивных пород. При этом здесь присутствует специфика, определяемая малыми размерами объекта и низкой численностью популяций [4]. В частности, это масса новорождённой особи – достаточно интересный, подверженный влиянию множества факторов признак [5, 6]. Среди них выделяют количество поросят

в помёте, кормление, интерьер, живую массу и упитанность супоросных свиноматок [7–10]. При этом породная принадлежность не является общепризнанным фактором крупноплодности [11], что довольно странно с учётом того, что в некоторых исследованиях была показана значимость отцовской и материнской компонент [12]. У свиней продуктивных пород масса поросят при рождении имеет среднее значение 1200–1300 г [11, 13] и по современным стандартам весьма ограниченно используется как критерий оценки молодняка

[14]. Однако у мини-свиней крупноплодность как признак, связанный с жизнеспособностью [15, 16], приобретает селекционную значимость [4, 12]. При этом более ранние исследования показывают, что живая масса поросят при рождении имеет сильную отрицательную корреляцию с количеством поросят при рождении и в течение подсосного периода [13]. Объясняется это тем, что поросята, родившиеся с живой массой менее 600 г, практически не выживают к отъёму [11]. При этом уменьшение многоплодия снижает экономическую эффективность хозяйства [17]. С другой стороны, искусственный отбор на миниатюризацию животных действует и на замедление роста, в том числе пренатального, а следовательно, и против крупноплодности новорождённых. Таким образом, крупноплодность у лабораторных мини-свиней должна представлять собой признак, подверженный стандартизирующему отбору, который лимитирован живой массой свиноматок, их многоплодием и жизнеспособностью каждого отдельно взятого поросёнка [18, 19].

Независимые исследования показывают полигенную детерминацию живой массы поросёнка при рождении [5, 6, 20]. При этом не исключено, что в таких малочисленных популяциях, какой являются мини-свиньи ИЦиГ СО РАН, количество полиморфных локусов существенно минимизировано в сравнении с широко распространенными коммерческими заводскими породами [12].

В настоящей статье рассматривается крупноплодность (или масса поросёнка при рождении) у мини-свиней селекционной группы ИЦиГ СО РАН. Данная селекционная группа является малочисленной и высокоинбредной [4], что, теоретически, должно так или иначе отразиться на изменчивости признаков, связанных с приспособленностью, в том числе на крупноплодности. Цель настоящего исследования заключается в изучении динамики показателей крупноплодности у мини-свиней ИЦиГ СО РАН в процессе многолетней селекции в условиях инбридинга. Конкретные задачи были следующими:

1. Оценить динамику стандартного отклонения, средней выборочной, максимального и минимального значений крупноплодности.

2. Определить корреляцию между фактическими минимумами и рассчитанными при помощи уравнений линейной регрессии стандартными отклонениями, а также между фактическими отклонениями и рассчитанными минимумами крупноплодности.

3. Рассчитать факторы влияния естественного и искусственного отбора на крупноплодность.

Актуальность темы заключается в расширении представлений о процессе воспроизводства изолированного стада лабораторных мини-свиней ограниченной численности, что в дальнейшем можно будет использовать в селекционной работе.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мини-свиньи ИЦиГ СО РАН представляют собой изолированную совокупность так называемых мелких тугорослых свиней [21]. Стадо происходит от скрещивания хряков светлогорских мини-свиней со свиноматками крупной белой породы с последующим «прилитием крови» ландрасских и вьетнамских хряков [2]. Селекция в стаде направлена на показатели живой массы взрослых особей 50–80 кг [4]. Животные содержатся в кирпичном отапливаемом зимой свинарнике в отвечающих нормам условиях кормления и микроклимата [17]. В анализ вошли данные о 2421 новорождённом поросенке мини-свиней ИЦиГ СО РАН из 346 гнёзд рождения с 2013 по 2019 г. Показатели крупноплодности оценивали общепринятыми методами описательной статистики, достоверность различий оценивали критерием Стьюдента [22]. Динамику крупноплодности оценивали методом регрессионного анализа [22, 23]. Фактор естественного отбора был рассчитан при помощи приложения One-way ANOVA, входящего в пакет программ STATISTICA 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показало, что динамики четырёх выборочных показателей крупноплодности: среднего значения, стандартного отклонения, минимальной и максимальной

величины признака – у мини-свиней ИЦиГ СО РАН распадаются на две пары. Первую составляют среднее и максимальное значения. Их коэффициенты регрессии малы и статистически незначимы (табл. 1), а годовые колебания на протяжении восьмилетнего периода бессистемны и случайны (рис. 1).

Таблица 1

Показатели крупноплодности (масса поросят при рождении, г) у мини-свиней ИЦиГ СО РАН
Indicators of large-copiousness (weight of a piglet at birth, g) in minipigs of the ICG SB RAS

Год рождения	Павшие до отъёма		Выжившие к отъёму				В среднем по выжившим	Разница		В целом по стаду				
			дорастивание		брак			павшие/выжившие	дорастивание/брак	n	$\bar{X} \pm \bar{S}_x$	Стандартное отклонение, $\bar{S} \pm \bar{S}_x$	min	max
	n	$\bar{X} \pm \bar{S}_x$	n	$\bar{X} \pm \bar{S}_x$	n	$\bar{X} \pm \bar{S}_x$								
2012	80	634,73 ±12,86	33	653,33 ±13,81	54	639,44 ±16,73	644,71 ±11,60	9,98 нд	13,89 нд	167	639,64 ±8,64	111,29 ±6,09	450	960
2013	139	628,27 ±9,30	211	740,54 ±7,44	133	715,34 ±12,91	730,79 ±6,84	102,52 P<0,001	25,20 нд	483	701,29 ±5,92	129,89 ±4,18	310	1200
2014	103	608,16 ±11,75	166	774,31 ±7,70	57	695,96 ±13,83	754,28 ±7,10	146,12 P<0,001	78,35 P<0,001	326	709,28 ±6,99	125,95 ±4,93	400	1100
2015	125	603,36 ±8,12	143	725,21 ±13,39	96	670,94 ±7,98	703,41 ±8,79	100,05 P<0,001	54,27 P<0,001	364	669,05 ±6,88	131,07 ±4,86	380	1500
2016	141	591,83 ±12,29	143	733,47 ±9,38	115	713,19 ±10,15	724,42 ±6,93	132,59 P<0,001	20,28 нд	399	682,31 ±7,21	143,75 ±5,09	370	1100
2017	49	602,65 ±22,47	29	750,00 ±22,18	95	747,24 ±15,42	747,89 ±12,82	145,24 P<0,001	2,76 нд	173	706,75 ±12,25	160,62 ±8,64	400	1200
2018	52	556,92 ±24,00	42	670,48 ±19,11	86	699,19 ±11,84	689,77 ±10,16	132,85 P<0,001	-28,71 нд	180	651,39 ±10,97	146,81 ±7,74	300	980
2019	–	–	57	729,26 ±18,93	–	–	–	–	–	329	682,76 ±9,16	166,18 ±6,48	250	1150
Коэффициент регрессии	-10,89±2,74 P<0,001		-4,36±2,89 нд		6,90±2,58 P<0,01		0,32±1,92 нд	–	–	–	0,69±4,26 нд	6,97±1,13 P<0,001	-17,38±7,10 P<0,05	1,55±27,99 нд
В среднем	689	606,74 ±4,85	767	736,44 ±4,40	636	702,67 ±4,96	721,13 ±4,68	114,39 P<0,001	33,77 P<0,001	2421	684,30 ±2,87	141,13 ±2,03	357,50 ±23,13	1148,75 ±59,38

Примечание. нд – недостоверно.

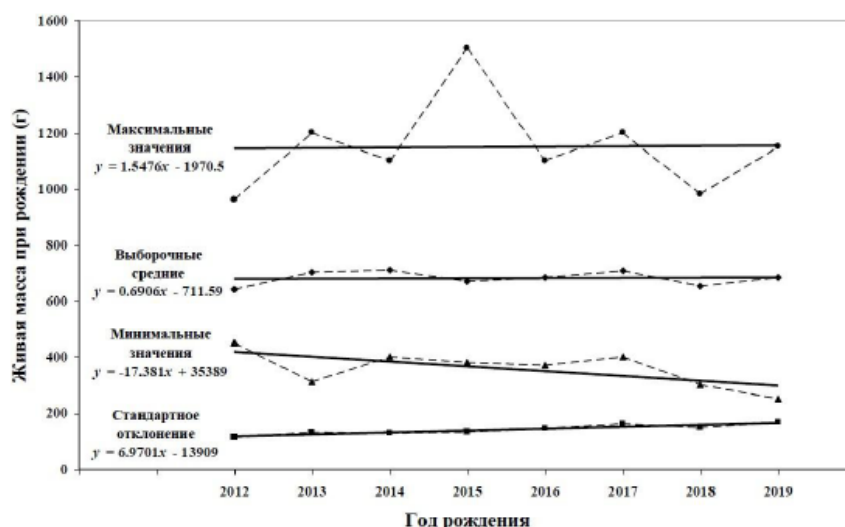


Рис. 1. Динамика основных показателей крупноплодности в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН в период с 2012 по 2019 г.

Dynamics of the main indicators of large-copiousness in the herd of minipigs of the ICG SB RAS in the period from 2012 to 2019

Вторую пару показателей – стандартное отклонение признака и его минимальное значение – можно обозначить как динамическую. Динамика стандартного отклонения показывает равномерный статистически значимый рост в течение исследуемого периода, а минимального значения – напротив, снижение, описываемые уравнениями линейной регрессии (см. рис. 1). Ведущим в этой паре показателей, очевидно, является минимальное значение. Его снижение при фиксированном максимуме означает расширение диапазона вариации признака и, как следствие, увеличение стандартного отклонения.

Связь выборочных стандартных отклонений и минимальных значений признака может подтвердить отрицательная корреляция между их динамиками. Коэффициент корреляции между наблюдаемыми выборочными величинами равен $-0,62$, но статистически незначим. Недостоверность корреляции обусловлена как недостаточным числом пар сравнения (см. табл. 1), так и высокой случайной вариацией минимальных значений. В формировании стандартных отклонений участвует весь массив данных, что «сглаживает» эффект случайной вариации, в то же время минимальное значение определяют по единственной особи из каждой выборки, поэтому случайный разброс величин проявляется максимально. Результатом случайной вариации ми-

нимальных значений (дисперсия 4278,57), на которую дополнительно накладывается вариация выборочных стандартных отклонений (дисперсия 338,83), являются недостоверность и заниженная величина коэффициента корреляции.

Для оценки «шумового эффекта», вызываемого случайным рассеиванием, определили корреляцию между наблюдаемыми выборочными минимумами (см. табл. 1) и рассчитанными по уравнению линейной регрессии (см. рис. 1) стандартными отклонениями признака (табл. 2). Далее определили корреляцию между ожидаемыми согласно уравнению линейной регрессии (см. рис. 1), минимумами (см. табл. 2) и наблюдаемыми выборочными стандартными отклонениями (см. табл. 1). В первом случае, при устранении случайной вариации стандартных отклонений, коэффициент корреляции оказался равен $-0,65$, во втором, после устранения случайного разброса минимальных значений, $-0,93$. Таким образом, эффект случайной вариации минимальных значений занижает коэффициент корреляции на 31 %, выборочных стандартных отклонений – на 3 %.

Так как корреляция двух рядов, рассчитанных по уравнениям линейной регрессии, по определению равна $|1|$, коэффициент корреляции занижает неточность уравнений регрессии, обусловленную числом пар сравнения, на 4 %. На основании выборочных мини-

Таблица 2

Рассчитанные по уравнениям линейной регрессии значения динамических показателей крупноплодности (г) мини-свиней ИЦиГ СО РАН

The values of the dynamic indicators of large-copiousness(g) of minipigs, ICG SB RAS, calculated by linear regression equations

Год	Рассчитанные		Центр диапазона вариации признака		
	стандартное отклонение	min	реализованного	рассчитанного по	
				уравнению регрессии	ожидаемым min и max=1148,75
2012	114,84	418,43	705	780,60	783,59
2013	121,81	401,05	755	772,68	774,90
2014	128,78	383,67	750	764,77	766,21
2015	135,75	366,29	940	756,85	757,52
2016	142,72	348,90	735	748,93	748,83
2017	149,69	331,52	800	741,02	740,14
2018	156,66	314,14	640	733,10	731,45
2019	163,63	296,76	700	725,18	722,76



Рис. 2. Динамика центров диапазона вариации массы особи при рождении в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН
Dynamics of the centers of the range of variation in the weight of an individual at birth in the breeding group of minipigs of the ICG SB RAS

мальных и максимальных значений, по формуле $\frac{\min + \max}{2}$, можно рассчитать центр реализованного диапазона вариации признака (см. табл. 2). Однако данный показатель обладает ещё более высоким случайным разбросом, чем используемые для его вычисления минимальное и максимальное значения признака (дисперсия 7913,84).

Теоретически, при нормальном распределении признака и достаточном объёме выборки, центр реализованного диапазона вариации признака должен совпадать с генеральной средней. Среднее значение массы особи при рождении, полученное для выборки поросят рождения 2012–2019 гг. равно $684,30 \pm 2,87$ г (см. табл. 1), что статистически значимо ($P < 0,001$) меньше минимального (2019 г.) и максимального (2012 г.) значений рассчитанной динамики центров диапазона вариации (см. табл. 2). Следуя за все уменьшающимися выборочными минимумами, центр диапазона вариации признака постепенно приближается к среднему значению массы при рождении. В то же время среднее и максимальные значения признака не просто постоянны, но даже имеют склонность к увеличению (см. рис. 1). Подобное сочетание показателей в явном виде указывает на при-

сутствие механизма стабилизации средней и максимальной массы при рождении в изучаемой совокупности. Этим механизмом может быть естественный отбор, так или иначе присутствующий в популяциях одомашнированных животных [24], в данном случае, по-видимому, проявляющийся в низкой выживаемости поросят массой менее 600 г [11].

Для проверки данного предположения была произведена кластеризация массива данных по крупноплодности на три категории: не доживших до отъёма, а также доживших и определённых в группы доращивания и брака (см. табл. 1). Основной идеей была проверка влияния фактора массы при рождении на определение дальнейшей судьбы новорождённого поросёнка. Как микроэволюционный фактор, значимость естественного отбора ($F=369,91$; $p=0$) существенно ($P < 0,001$) превосходила значимость отбора искусственного ($F=14,92$; $p=0,000118$), что вполне логично, так как искусственный отбор проводится с теми особями, которые дожили до отъёма. Смертность же в подсосный период практически целиком является следствием естественного отбора. Впрочем, искусственный отбор тоже имеет статистически доказанную значимость, что вполне объяснимо.

Подбор хряков и свиноматок во время случайной кампании, а также формирование групп молодняка на дорастивание осуществляется зоотехником-селекционером с учётом не массы при рождении (хотя она, как оказалось, тоже имеет значение), а массы поросят при отъёме, их внешнего вида, упитанности и происхождения.

Снижение минимального значения и рост стандартного отклонения живой массы поросят, не доживших до отъёма, довольно закономерны с учётом более ранних наблюдений измельчания разных видов сельскохозяйственных животных вообще [25] и снижения крупноплодности свиней в частности [26], зафиксированных при систематическом инбридинге. Мини-свиньи ИЦиГ СО РАН являются малочисленной изолированной группой с регулярными родственными скрещиваниями, что привело к интенсивному росту гомозиготности с 0,25 до 0,90 [2, 4]. Весьма вероятно, что этот процесс затронул в том числе и локусы, контролирующие пренатальный рост и, соответственно, массу при рождении, что было показано в некоторых других исследованиях [27]. Во время данного процесса, захватывающего всё большее и большее число локусов, выщепляется постепенно увеличивающееся количество более сложных (многолокусных) гомозиготных генотипов, что приводит к росту фенотипического разнообразия и, соответственно, стандартного отклонения признака – массы новорожденного поросёнка. Известно, что наибольшую угрозу для жизнеспособности особей в малочисленных популяциях представляют летальные рецессивные алели, а не снижение общей гетерозиготности [28], которого на самом деле может и не быть за счёт ускоренного мутагенеза сателлитной ДНК [29]. Если представить сохранность поросят в виде трёхфакторной системы (живая масса при рождении + общее число полулетальных аллелей + степень гомозиготности), пренебрегая материнскими качествами свиноматок, то снижение крупноплодности при росте гомозиготности будет возможно только с уменьшением количества гипотетических «вредоносных» аллелей. Однако в реаль-

ности за счёт стабильного отбора животных с массой при рождении 700 г и более в репродуктивную группу (см. табл. 1) среднее значение признака при этом не меняется.

Результаты настоящего исследования и данные литературы [30] дают основание полагать, что постоянство максимальной и средней массы при рождении у мини-свиней является следствием небольших размеров свиноматок (60–70 кг), которые допускают увеличение массы новорожденного поросёнка только до определённого предела. Средний максимум массы новорожденной особи, очевидно, показывает среднее граничное значение, до которого реализация генетического потенциала потомков может быть обеспечена ресурсами материнского организма. По всей видимости, стабильность крупноплодности в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН является следствием достижения компромисса в системе «масса матери – масса новорожденного поросёнка – многоплодие», созданного совокупным действием естественного и искусственного отбора, причём первый является ведущим. В принципе такой компромисс неизбежен для любого многоплодного вида животных как следствие отбора на максимальное количество потомков, попавших в репродуктивную группу [31, 32]. Поэтому дальнейшая селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН должна быть направлена на стабилизацию крупноплодия в пределах 700–800 г при многоплодии свиноматок 5–6 поросят.

Всё же попытаемся представить, что произойдёт при реализации предельных значений потенциала крупноплодности. Величиной, отражающей ограниченность ресурсов материнского организма, может быть общая масса гнезда при рождении. При средней массе новорожденного поросёнка 684,30 г и среднем многоплодии 6,69 потомка на гнездо (рассчитано по 428 гнёздам 2012–2019 гг. рождения) средняя масса гнезда при рождении составит 4575,07 г. На основании интервальных оценок потенциала крупноплодности были рассчитаны величины среднего многоплодия мини-свиней при разной массе поросят при рождении:

Средняя масса новорождённого поросёнка, г	Число новорождённых в гнезде
644,84	7,09
800,19	5,72
1032,37	4,43
1265,13	3,62
1497,31	3,06
1652,66	2,77

Полученные оценки показывают возможность увеличения массы новорождённых у мини-свиней ИЦиГ СО РАН за счёт снижения их многоплодия. Однако несмотря на то, что такое решение в принципе возможно, вряд ли оно целесообразно. Повышать среднюю массу особи при рождении выше 800 г даже у мини-свиней экономически невыгодно, но сама по себе подобная работа может иметь определённый теоретический интерес как модель эволюции крупноплодности у копытных.

ВЫВОДЫ

1. Динамика стандартного отклонения массы новорождённого поросёнка показывает равномерный статистически значимый рост в течение исследованного семилетнего периода. Параллельно показано снижение ми-

нимального значения признака, описываемое уравнениями линейной регрессии. Ведущим в этой паре показателей, очевидно, является минимальное значение.

2. Коэффициент корреляции между наблюдаемыми выборочными минимумами и рассчитанными по уравнению линейной регрессии стандартными отклонениями признака оказался равен $-0,65$, между ожидаемыми согласно уравнению линейной регрессии минимумами и наблюдаемыми выборочными стандартными отклонениями $-0,93$.

3. Естественный отбор ($F=369,91$; $p=0$) оказывает существенно ($P<0,001$) более высокое влияние на живую массу поросёнка мини-свиней ИЦиГ СО РАН при рождении, чем отбор искусственный ($F=14,92$; $p=0,000118$).

Работа поддержана бюджетным финансированием по государственному заданию (проект No. АААА-А17-117071240065-4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Rozkot M., Václavková E., Bělková J. Minipigs as laboratory animals – review // Res. Pig Breeding. – 2015. – Vol. 9, N 2. – P. 10–14.
2. Nikitin S. V., Knyazev S. P., Shatokhin K. S. Miniature pigs of ICG as a model object for morphogenetic research // Russ. J. Genet.: Appl. Res. – 2014. – Vol. 4, N 6. – P. 511–522. – DOI:10.1134/S207905971406015X
3. Станкова Н. В., Савина М. А., Капанадзе Г. Д. Формирование новых линий светлогорских мини-свиней // Биомедицина. – 2017. – № 3. – С. 95–101.
4. Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН / С. В. Никитин, С. П. Князев, К. С. Шатохин, В. И. Запорожец, В. И. Ермолаев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 8. – С. 922–930.
5. A genome-wide single nucleotide polymorphism and copy number variation analysis for number of piglets born alive / N. B. Stafuzza, R. M. de Oliveira Silva, B. de Oliveira Fragomeni, Y. Masuda, Y. Huang, K. Gray, D. A. Lino Lourenco // BMC Genomics. – 2019. – Vol. 20. – P. 321. – DOI:10.1186/s12864-019-5687-0.
6. Genetic determinants of pig birth weight variability / X. Wang, X. Liu, D. Deng, M. Yu, X. Li // BMC Genet. – 2016. – Vol. 17, N 1. – P. 15. – DOI:10.1186/s12863-015-0309-6.
7. Никитин С. В., Князев С. П., Ермолаев В. И. Роль условий среды пренатального роста плодов в формировании массы новорожденной особи у домашних свиней // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 569–575. – DOI: 10.18699/VJ17.273.

8. Sow and piglet factors determining variation of colostrum intake between and within litters / I. Declerck, S. Sarrazin, J. Dewulf, D. Maes // *Animal*. – 2017. – Vol. 11, N 8. – P. 1336–1343. – DOI:10.1017/S1751731117000131.
9. Knauer M. Identifying strategies to enhance piglet birth weight. National hog farmer [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.nationalhogfarmer.com/nutrition/identifying-strategies-enhance-piglet-birth-weight>.
10. Piglet birth weight and litter uniformity: effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines / J. G. Wientjes, N. M. Soede, E. F. Knol, H. van den Brand, B. Kemp // *J Anim Sci*. – 2013. – Vol. 91, N 5. – P. 2099–2107. – DOI: 10.2527/jas.2012-5659.
11. Pond W., Haupt K. The biology of the pig. – Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1978. – 334 p.
12. Никитин С. В., Князев С. П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней. – Lambert Academy Publishing, 2015. – 228 с.
13. Кабанов В. Д. Повышение продуктивности свиней. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
14. PigLeg: prediction of swine phenotype using machine learning / S. Bakoev, L. Getmantseva, M. Kolesova, O. Kostyunina, D. R. Chartier, T. V. Tatarinova // *PeerJ*. – 2020. – Vol. 8. – e8764. – DOI:10.7717/peerj.8764.
15. Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight, weaning weight, and probe weight in Yorkshire and Landrace pigs / K. Alves, F. S. Schenkel, L. F. Brito, A. Robinson // *J Anim Sci*. – 2018. – Vol. 96, N 7. – P. 2567–2578. – DOI: 10.1093/jas/sky172.
16. Discrimination learning and judgment bias in low birth weight pigs / S. Roelofs, F. A. C. Alferink, A. F. Ipema, T. van de Pas, F. J. van der Staay, R. E. Nordquist // *Animal Cognition*. – 2019. – Vol. 22. – P. 657–671. – DOI: 10.1007/s10071-019-01262-5.
17. Бекенёв В. А. Технология разведения и содержания свиней. – СПб.: Лань, 2012. – 416 с.
18. Князев С. П., Никитин С. В. Стандартизирующий отбор и его последствия для генетической структуры популяции // *Генетика*. – 2011. – Т. 47, № 1. – С. 103–114.
19. Князев С. П., Никитин С. В., Ермолаев В. И. Генетика крупноплодности свиней: половой диморфизм и генетический контроль массы новорожденных поросят // *Вестник НГАУ*. – 2013. – № 1. – С. 46–57.
20. Hierarchical phenotypic and epigenetic variation in cloned swine. / G. Archer, S. Dinlot, T. H. Friend, S. Walker, G. Zaunbrecher, B. Lawhorn, J. A. Piedrahita // *Biology of Reproduction*. – 2003. – Vol. 69, N 2. – P. 430–436. – DOI: 10.1095/biolreprod.103.016147.
21. Shatokhin K., Nikitin S., Knyazev S. Using digital technologies for classification of domestic pigs by the type of live weight growth // *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Digital agriculture – development strategy” (ISPC 2019)*. – P. 27–30. – DOI:10.2991/ispc-19.2019.7.
22. Лакин Г. Ф. Биометрия. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
23. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика. Основы эконометрики: в 2 т. Т. 1: Теория вероятностей и прикладная статистика. – 2-е изд., испр. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.
24. Марков А., Наймарк Е. Эволюция. Классические идеи в свете новых открытий. – М.: АСТ: CORPUS, 2015. – 656 с.
25. Дубинин Н. П., Глембоцкий Я. Л. Генетика популяций и селекция. – М.: Наука, 1967. – 592 с.
26. Россоха В. И. Влияние различных степеней инбридинга на формирование генотипа свиней и их хозяйственно-биологических качеств: дис. ... канд. с.-х. наук. – Харьков, 1984. – 166 с.
27. Loss of function mutations in essential genes cause embryonic lethality in pigs / M. F. L. Derks, A. B. Gjuvsland, M. Bosse, M. S. Lopes, M. van Son, B. Harlizius, B. F. Tan, H. Hamland, E. Grindflek, M. A. M. Groenen, H. – J. Megens // *PLoS Genet*. – 2019. – Vol. 15, N 3. – e1008055. – DOI: 10.1371/journal.pgen.1008055.
28. Latter B. D. Mutant alleles of small effect are primarily responsible for the loss of fitness with slow inbreeding in *Drosophila melanogaster* // *Genetics*. – 1998. – Vol. 148, N 3. – P. 1143–1158.
29. Microsatellite and major histocompatibility complex variation in an endangered rattlesnake, the Eastern Massasauga (*Sistrurus catenatus*) / C. P. Jaeger, M. R. Duvall, B. J. Swanson, C. A. Phillips, M. J. Dreslik, S. J. Baker, R. B. King // *Ecol Evol*. – 2016. – Vol. 6, N 12. – P. 3991–4003. – DOI: 10.1002/ece3.2159.
30. Тихонов В. Н. Лабораторные мини-свиньи: генетика и медико-биологическое использование / Ин-т цитологии и генетики СО РАН. – Новосибирск, 2010. – 304 с.

31. Аксенович Т. И., Бородин П. М. Как наследуется плодовитость // Природа. – 2008. – № 4. – С. 7–8.
32. Dawkins R. The Selfish Gene. – Oxford University Press, 1978. – 224 p.

REFERENCES

1. Rozkot M., Václavková E., Bělková J. Minipigs as laboratory animals – review. *Res. Pig Breeding*, 2015, Vol. 9, No.2, pp. 10–14.
2. Nikitin S. V., Knyazev S. P., Shatokhin K. S. Miniature pigs of ICG as a model object for morphogenetic research. *Russ. J. Genet.: Appl. Res.*, 2014, Vol. 4, No. 6, pp. 511–522. DOI:10.1134/S207905971406015X.
3. Stankova N. V., Savina M. A., Kapanadze G. D. *Biomeditsina*, 2017, No. 3, pp. 95–101. (In Russ.)
4. Nikitin S. V., Knyazev S. P., Shatokhin K. S., Zaporozhets V. I., Ermolaev V. I. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2018, Vol. 22, No. 8, pp. 922–930. DOI: 10.18699/VJ18.434. (In Russ.)
5. Stafuzza N. B., de Oliveira Silva R. M., de Oliveira Fragomeni B., Masuda Y., Huang Y., Gray K., Lino Lourenco D. A. A genome-wide single nucleotide polymorphism and copy number variation analysis for number of piglets born alive. *BMC Genomics*, 2019, Vol. 20, 321 p., DOI:10.1186/s12864-019-5687-0.
6. Wang X., Liu X., Deng D., Yu M., Li X. Genetic determinants of pig birth weight variability. *BMC Genet.*, 2016, Vol. 17, No. 1, pp. 15, DOI:10.1186/s12863-015-0309-6.
7. Nikitin S. V., Knyazev S. P., Ermolayev V. I. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2017, Vol. 21, No. 5, pp. 569–575, DOI: 10.18699/VJ17.273. (In Russ.)
8. Declerck I., Sarrazin S., Dewulf J., Maes D. Sow and piglet factors determining variation of colostrum intake between and within litters. *Animal.*, 2017, Vol. 11, No. 8, pp. 1336–1343, DOI:10.1017/S1751731117000131.
9. Knauer M. Identifying strategies to enhance piglet birth weight. National hog farmer, 2018, available at: <https://www.nationalhogfarmer.com/nutrition/identifying-strategies-enhance-piglet-birth-weight>.
10. Wientjes J. G., Soede N. M., Knol E. F., van den Brand H., Kemp B. Piglet birth weight and litter uniformity: effects of weaning-to-pregnancy interval and body condition changes in sows of different parities and crossbred lines. *J Anim Sci.*, 2013, Vol. 91, No. 5, pp. 2099–2107, DOI: 10.2527/jas.2012-5659.
11. Pond W., Haupt K. *The biology of the pig*, Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1978, 334 p.
12. Nikitin S. V., Knyazev S. P. *Otbor i adaptatsiya v populyatsiyakh domashnikh sviney* (Selection and Adaptation in domestic pig populations), Saarbrücken, Lambert Academy Publ., 2015, 228 p.
13. Kabanov V. D. *Povyshenie produktivnosti sviney* (Increasing pig productivity). Moscow: Kolos, 1983, 256 p.
14. Bakoev S., Getmantseva L., Kolosova M., Kostyunina O., Chartier D. R., Tatarinova T. V. PigLeg: prediction of swine phenotype using machine learning. *PeerJ*, 2020, Vol. 8, e8764, DOI:10.7717/peerj.8764.
15. Alves K., Schenkel F. S., Brito L. F., Robinson A. Estimation of direct and maternal genetic parameters for individual birth weight, weaning weight, and probe weight in Yorkshire and Landrace pigs. *J Anim Sci.*, 2018, Vol. 96, No. 7, pp. 2567–2578, DOI: 10.1093/jas/sky172.
16. Roelofs S., Alferink F. A. C., Ipema A. F., van de Pas T., van der Staay F. J., Nordquist R. E. Discrimination learning and judgment bias in low birth weight pigs. *Animal Cognition*, 2019, Vol. 22, pp. 657–671, DOI: 10.1007/s10071-019-01262-5.
17. Bekenev V. A. *Tekhnologiya razvedeniya i soderzhaniya sviney* (Technology of pig keeping and breeding). St. Petersburg: Lan, 2012, 416 p.
18. Knyazev S. P., Nikitin S. V. *Genetica*, 2011, Vol. 47, No. 1, pp. 103–114 (In Russ.)
19. Knyazev S. P., Nikitin S. V., Ermolaev V. I. *Vestnik NGAU*, 2013, No. 1, pp. 46–57. (In Russ.)
20. Archer G., Dinlot S., Friend T. H., Walker S., Zaunbrecher G., Lawhorn B., Piedrahita J. A. Hierarchical phenotypic and epigenetic variation in cloned swine. *Biology of Reproduction.*, 2003, Vol. 69, No. 2, pp. 430–436, DOI: 10.1095/biolreprod.103.016147.
21. Shatokhin K., Nikitin S., Knyazev S. Using digital technologies for classification of domestic pigs by the type of live weight growth. *Digital agriculture – development strategy*, Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019), pp. 27–30, DOI:10.2991/ispc-19.2019.7.
22. Lakin G. F. *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1990, 352 p.

23. Aivazian S. A., Mkhitarian V. S. *Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki. T.1.* (Probability theory and applied statistics. Vol.1.) Moscow, UNITY Publ. 2001.
24. Markov A., Naimark E. *Evolutsiya. Klassicheskie idei v svete novykh otkrytiy* (Evolution. Classical Ideas in the Light of New Discoveries), Moscow: ACT: CORPUS Publ., 656 p.
25. Dubinin N. P., Glembotskiy Ya. L. *Genetika populyatsiy i selektsiya* (Population genetics and selection). Moscow, Nauka Publ., 1967, 592 p.
26. Rossokha V. I. *Influence of various inbreeding stages on the formation of the pig genotype and their economic and biological qualities* (Influence of various degrees of inbreeding on the formation of the pig genotype and their economic and biological qualities). Candidate's thesis, Kharkiv, 1984, 166 p.
27. Derks, M.F.L., Gjuvsland, A.B., Bosse, M., Lopes M. S., van Son, M., Harlizius, B., Tan, B.F., Hamland, H., Grindflek, E., Groenen, M.A.M., Megens H. – J. Loss of function mutations in essential genes cause embryonic lethality in pigs. *PLoS Genet*, 2019, Vol. 15, No. 3, e1008055, DOI: 10.1371/journal.pgen.1008055.
28. Latter B. D. Mutant alleles of small effect are primarily responsible for the loss of fitness with slow inbreeding in *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, 1998, Vol. 148, No. 3, pp. 1143–1158.
29. Jaeger C. P., Duvall M. R., Swanson B. J., Phillips C. A., Dreslik M. J., Baker S. J., King R. B. Microsatellite and major histocompatibility complex variation in an endangered rattlesnake, the Eastern Massasauga (*Sistrurus catenatus*). *Ecol Evol.*, 2016, Vol. 6, No. 12, pp. 3991–4003, DOI: 10.1002/ece3.2159.
30. Tikhonov V. N. *Laboratornye mini-svin'i: genetika i mediko-biologicheskoe ispol'zovanie* (Laboratory mini-pig genetics and biomedical use). Novosibirsk, ICG SB RAS Publ., 2010. 304 p.
31. Aksenovich T. I., Borodin P. M. *Priroda*, 2008, Vol. 1112, No. 4, pp. 3–8. (In Russ.)
32. Dawkins R. *The Selfish Gene*. Oxford University Press, 1978, 224 p.

