

ISSN 2072-6724

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЕСТНИК НГАУ



**НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

№ 3(60)/2021

ISSN 2072-6724

MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

VESTNIK NGAU



**NOVOSIBIRSK STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

№ 3(60)/2021

NOVOSIBIRSK 2021

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 3(60)2021

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

Учредитель:
ФГБОУ ВО
«Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Основан
в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи и массовых
коммуникаций
ПИ № ФС 77-35145
29.01.2009.

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

Электронная версия журнала
на сайте: www.elibrary.ru

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

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)
Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., главный редактор, проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)
Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора, проректор по научной и международной деятельности ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

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

Технический редактор *Мищенко О.Н.*
Редактор *Коробкова Т.К.*
Компьютерная верстка *Потапова М.В.*
Переводчик *Рюмкина И.Н.*

Дата выхода в свет 30 сентября 2021 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 17,6 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2424.

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(60)2021

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

**The founder is Federal State
State-Funded
Educational Institution
of Higher Education
“Novosibirsk State
Agrarian University”**

**The journal is based
in December, 2005**

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

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

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

**Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK 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 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, Head of the Siberian Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)

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

Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., 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 (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, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

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

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

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

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

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

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

Typing: *Mishchenko O. H.*

Desktop publishing: *Potapova M. V.*

Translator: *Ryumkina I. N.*

Date of publication 30 September 2021. Free price.

Size is 60 × 84 1/8. Volume contains 17,6 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface “Times New Roman” is used. Order no. 2424.

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

Галеев Р.Р., Шульга М.С., Ковалев Е.А. Эффективность применения гербицидов на картофеле в лесостепи Новосибирского Приобья.	7
Гончарова Т.В., Тараканов В.В., Ноздренко Я.В., Rogovцев Р.В., Паркина О.В. Устойчивость клонов <i>Pinus sibirica</i> к насекомым конобионтам в условиях Елбашинского питомника АО «Бердский лесхоз» в Новосибирской области.	16
Кашеваров Н.И., Полищук А.А., Лебедев А.Н., Понамарева В.И., Хазов М.В. Совместные посевы кукурузы и сои в условиях лесостепи Западной Сибири.	23
Кашеваров Н.И., Полищук А.А., Лебедев А.Н., Понамарева В.И., Хазов М.В. Способы посева кукурузы при возделывании на силос в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.	31
Коробова Л.Н., Кизимова Т.А., Побеленская А.А., Ломова Т.Г. Изменение состояния яровой пшеницы при добавлении к гербицидам бактериально-гуминового препарата.	37
Попова К.И., Скрябин Я.С., Лях П.А., Петраш Н.В. Влияние сроков посева растений-доноров и концентрации 2,4-Д на чистоту образования продуктивных пыльников ячменя обыкновенного (<i>Hordeum vulgare</i> L.) в культуре пыльников in vitro.	47
Скалозуб О.М., Клочкова Н.Л. Оценка исходного материала для селекции ежеи сборной в условиях Приморского края.	57
Сорокин И.Б., Николаева Н.Ю., Валетова Е.А., Чудинова Ю.В. Влияние многолетнего внесения соломы и зеленого удобрения на урожайность зерновых культур в зернопаровом севообороте.	65
Тен Е.А., Ошергина И.П. Изучение линий гороха посевного в питомнике конкурсного сортоиспытания в засушливых условиях 2020 г.	73

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Земляницкая Е.И., Распутина О.В., Наумкин И.В., Трапезов О.В., Сысоева Е.А. Анатомия и гистология тимуса американской норки генотипов Standard, Sapphire, Lavander в ранний постнатальный период онтогенеза.	82
Мухиддинов А.Р., Камолов Н.Ш. Особенности возрастных морфологических изменений кожно-волосного покрова памирского экотипа яков, разводимых в горной зоне Северного Таджикистана.	97
Ноздрин Г.А., Гаврилович А.С. Влияние метформина на развитие саркомы Walker-256.	107
Самсонов Д.В., Куликова С.Г., Андреева В.А., Александрова Д.А. Хромосомные мутации у высокопродуктивных голштинских коров.	115

AGRONOMY

Galeev R.R., Shulga M.S., Kovalev E.A. Effectiveness of herbicides application on potatoes in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region.	7
Goncharova T.V., Tarakanov V.V., Nozdrenko Ya.V., Rogovtsev R.V., Parkina O.V. Resistance of Pinus Sibirica clones to insect conobionts in the Yelbashinsky nursery of JSC «Berdsky forestry» in Novosibirsk region.....	16
Kashevarov N.I., Polishchuk A.A., Lebedev A.N., Ponamareva V.I., Khazov M.V. Joint sowing of corn and soybean in forest-steppe conditions of Western Siberia.	23
Kashevarov N.I., Polishchuk A.A., Lebedev A.N., Ponamareva V.I., Khazov M.V. Sowing methods of maize for hay in the forest-steppe zone of Western Siberia.	31
Korobova L.N., Kizimova T.A., Pobelenskaya A.A., Lomova T.G. Change the condition of spring wheat when adding bacterial-humic preparation to herbicides.	37
Popova K.I., Skryabin Y.S., Lyakh P.A., Petrash N.V. Effect of sowing dates of donor plants and concentration of 2,4-D on the purity of productive anther formation of common barley (Hordeum vulgare L.) in anther culture in vitro.....	47
Skalozub O.M., Klochkova N.L. Evaluation of source material for selection Dactylis glomerata in Primorsky Region conditions.....	57
Sorokin I.B., Nikolaeva N.Yu., Valetova E.A., Chudinova Y.V. The impact of multi-year straw and green fertiliser application on grain yields in a grain steam crop rotation.	65
Ten E.A., Oshergina I.P. Study of seeded pea lines in a nursery of competitive varietal trials under drought conditions in 2020.....	73

VETERINARY SCIENCE AND LIVESTOCK FARMING

Zemlyanitskaya E.I., Rasputina O.V., Naumkin I.V., Trapezov O.V., Sysoeva E.A. Anatomy and histology of the thymus of American mink genotypes Standard, Sapphire, Lavander in the early postnatal period of ontogenesis.	82
Mukhiddinov A.R., Kamolov N.Sh. Peculiarities of age-related morphological changes in the dermal-hair cover of the Pamir yak ecotype bred in the mountain zone of Northern Tajikistan.....	97
Nozdrin G.A., Gavrilovich A.S. Effect of metformin on the development of Sarcoma Walker-256.....	107
Samsonov D.V., Kulikova S.G., Andreeva V.A., Aleksandrova D.A. Chromosomal mutations in high-yield Holstein cows.	115

АГРОНОМИЯ

УДК 635.21: 635.15

DOI:10.31677/2072-6724-2021-60-3-7-15

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА КАРТОФЕЛЕ
В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ**

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М.С. Шульга, заведующий меристемной лабораторией
Е.А. Ковалев, аспирант

Новосибирский государственный аграрный универси-
тет, Новосибирск, Россия
E-mail: rastniev@mail.ru

Ключевые слова: картофель, сорта, гербициды, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, урожайность, качество, эффективность возделывания

Реферат. *Цель работы – изучить эффективность применения гербицидов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. Экспериментальные данные получены на черноземе выщелоченном Новосибирского района, Новосибирской области в 2017–2019 гг. В исследованиях применяли общепринятые элементы технологии возделывания картофеля. Общим фоном для картофеля осенью вносили удобрения в дозе $P_{60}K_{90}$. Азотные удобрения использовали нормой 60 кг/га весной под предпосевную культивацию. Гербициды Гезагард, Лазурит, Зенкор, Боксер вносили до всходов и по всходам при высоте растений картофеля до 12–14 см. Гербициды существенно снижали засоренность посадок картофеля сортов Любава (ранний) и Тулеевский (среденеспелый). Показано, что использование гербицидов ускорило процессы роста и развития сортов картофеля двух групп спелости. Происходило достоверное увеличение площади листьев, ФСП и продуктивности растений на 23–28%. На фоне гербицидов имело место повышение урожайности на 30–35%. Отмечено увеличение товарности клубней на 10%. Применяемые гербициды обеспечили хорошее качество и сохранность продукции картофеля. Отмечено, что двукратное применение гербицидов Зенкор и Лазурит обеспечивает высокие показатели снижения засоренности. При этом урожайность и качество продукции имеют высокие показатели. В клубнях картофеля не обнаружено остаточное количество гербицидов. Применение гербицидов экономически и энергетически эффективно. Уровень рентабельности на фоне двукратного опрыскивания гербицидами Зенкор и Лазурит превышает контроль в 1,4 раза.*

EFFECTIVENESS OF HERBICIDE APPLICATION ON POTATOES IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE NOVOSIBIRSK OB REGION

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

M.S. Shulga, Head of Meristem Laboratory

E.A. Kovalev, PhD Student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: potato, varieties, herbicides, leaf area, photosynthetic potential, yield, quality, cultivation efficiency

Abstract. *The work aims to study the effectiveness of herbicides application on potato varieties of different ripeness groups in the conditions northern forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. The authors obtained experimental data on leached chernozem in Novosibirsk district, Novosibirsk region, in 2017-2019. In their studies, the authors used common elements of potato cultivation technology. The general background for potatoes in autumn fertiliser was applied at a dose of P60K90. Nitrogen fertilisers were used at a rate of 60 kg/ha in spring under pre-sowing cultivation. Herbicides Gezagard, Lazurit, Zenkor, Boxer, and mixtures of individual herbicides were applied before and after sprouting when potato plants were up to 12-14 cm high. Herbicides significantly reduced the infestation of potato varieties Lubava (early) and Tuleevsky (medium-season). The authors showed that the use of herbicides accelerated the processes of growth and development of potato varieties of two groups of ripeness. There was a significant increase in leaf area, photosynthetic potential, and 23-28% plant productivity. On a background of herbicides increase of yield by 30-35% is observed. There was an increase in the marketability of tubers by 10%. Used herbicides provided good quality and preservation of potato production. The authors note that the double application of herbicides Zenkor and Lazurit offers high rates of weed reduction. Thus yield and quality of presentation have high indicators. In tubers of potatoes, the residual quantity of herbicides is not detected. Application of herbicides economically and energetically practical. The level of profitability exceeds control 1,4 times on a background of double spraying by herbicides Zenkor and Lazurit.*

Почвенные и климатические условия Новосибирского Приобья благоприятны для большинства сельскохозяйственных культур, в том числе и картофеля [1–4]. Однако в последнее время в Сибирском федеральном округе наблюдается сокращение площадей картофеля в общественном секторе. В личных подворьях и на садово-огородных участках возделывается 88% картофеля и лишь 12% приходится на специализированные и фермерские хозяйства [5, 6]. Урожайность картофеля в хозяйствах региона составляет 23-27 т/га, а у населения – лишь 19 т/га. Одной из причин недостаточного уровня урожайности является сильная засоренность и нарушение сроков и приемов ухода за посадками картофеля [7–10].

В настоящее время в ряде публикаций показана эффективность использования герби-

цидов для борьбы с засоренностью картофеля в разных природных зонах страны и за рубежом [11–16]. Однако имеются противоречивые мнения по вопросу влияния гербицидов на качество и сохранность продукции [17–21].

Целью наших исследований являлось изучение гербицидов на сортах картофеля разных групп спелости в условиях северной лесостепи Новосибирского Приобья. В этой связи в 2017 – 2019 гг. на полях УОХ «Практик» Новосибирского района Новосибирской области проведены исследования эффективности использования гербицидов на картофеле при разных сроках их применения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выщелочные черноземы опытных деленок являлись среднесуглинистыми (гумусо-

вый горизонт 34–59 см) с объемной массой 1,17 г/см³, суммой поглощенных оснований в пахотном слое 41 мг-экв/100 г, гидролитической кислотностью 2,3 мг-экв/100 г, рН водной вытяжки 7,18. Влажность завядания чернозема выщелоченного 8,4%, наименьшая влагоемкость – 24% от массы почвы. Содержание гумуса составляло 6,48% (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,22, фосфора – 0,25, а калия – 1,18% при 13,2 мг/100 г легкогидролизуемого азота, 22,2 – подвижного фосфора и 16,3 мг/100 г почвы обменного калия; рН солевой вытяжки 6,74.

Метеорологические условия в период опытной работы различались как по температурному режиму, так и по сумме осадков. По температуре и влажности наиболее благоприятные условия были в 2017 г. (сумма осадков за вегетацию – 308 мм), более засушливые – в 2019 г. (248 мм). Общая площадь делянки – 28,7 м², учетная – 25 м², повторность – четырехкратная, расположение – рендомизированное.

Фенологические фазы картофеля изучали по методике Госсортсети, динамику роста площади листьев устанавливали в возрасте 20, 40, 50 суток от массовых всходов и перед уборкой по 10 растениям каждого варианта по методике Н.Ф. Коняева [22], ФСП – по методике А.А. Ничипоровича [23], засоренность посадок – по методическим указаниям ВНИИКС [24]. Химический состав клубней определяли в аналитической лаборатории Новосибирского университета потребкооперации: сухое вещество – высушиванием, крахмал – поляриметрическим методом по Эверсу, сахар – по Бертрану, витамин С – по Мурри, нитраты – ион-селективным методом [25].

Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях 2017–2019 гг. на выщелоченном черноземе в УОХ «Практик» ис-

пользовали общепринятую для зоны технологии возделывания картофеля. Применяли минеральные удобрения: с осени – фосфорно-калийные (двойной гранулированный суперфосфат и сернокислый калий – $P_{60}K_{90}$), а весной под предпосевную культивацию – азотные в дозе 60 кг/га в виде аммиачной селитры. Гербициды применяли при расходе рабочей жидкости 300 л/га.

Показано, что в посадках сортов картофеля двух групп спелости: Любава (ранний) и Тулеевский (среднеспелый) – использование гербицидов значительно снижало засоренность. У сорта Тулеевский количество сорняков уменьшилось при довсходовом применении Гезагарда перед первой прополкой на 47%, Лазурита – на 54, Зенкора – на 58%, а использование по всходам Лазурита, Зенкора и Боксера снижало засоренность на 39, 44 и 27%. Максимальный эффект достигнут при двукратном внесении Зенкора (0,8 кг/га до всходов и 0,5 кг/га по всходам) – 93%. При учете перед второй прополкой данный вариант также был наиболее эффективен – 67% (табл. 1).

Нами проводилось изучение особенностей формирования листового аппарата и продуктивности растений в зависимости от применения разных гербицидов. У сортов Любава (ранний) и Тулеевский (среднеспелый) использование разных гербицидов и в особенности их двукратное внесение способствовали формированию развитой листовой поверхности. У сорта Любава отмечено увеличение средней площади листьев на 37–46% с применением гербицидов. Максимальный эффект отмечен в варианте Зенкор 0,8 л/га до всходов и 0,5 л/га по всходам. У сорта Тулеевский площадь листьев повысилась на 24–38%. Показатели ФСП были выше в варианте с использованием двукратного опрыскивания гербицидами – относительно контроля без гербицидов на 34%. Продуктивность листового аппарата как в пересчете на ФСП, так и по средней площади листьев была выше в вариантах с двукратным использованием гербицидов на 28–33% (табл. 2).

Таблица 1

Влияние гербицидов на засоренность посадок картофеля Тулеевский (среднее за 2017 – 2019 гг.)
Effect of herbicides on the weed infestation of Tuleevsky potato plants (average for 2017 – 2019)

Вариант	Количество сорных трав, шт/м ²							
	перед первой прополкой				перед второй прополкой			
	всего	в том числе			всего	в том числе		
		однолетние		много- летние		однолетние		много- летние
		двудоль- ные	одно- дольные			двудоль- ные	одно- дольные	
Без гербицидов (контроль)	25,3	140	74	39	138	52	54	32
Опрыскивание до всходов								
Гезагард 2,5 кг/га	46,8	19,6	16,5	10,7	32,4	15,6	12,3	4,5
Лазурит 0,8 л/га	52,6	24,3	18,6	9,7	38,5	19,6	15,4	3,5
Зенкор 0,8л/га	58,4	26,3	14,5	17,6	36,9	15,4	21,2	0,3
Боксер 1,3 л/га	41,2	19,4	16,2	5,6	17,9	9,8	7,6	0,5
Опрыскивание по всходам								
Лазурит 0,5 л/га	39,2	22,3	11,3	5,6	17,9	9,8	7,6	0,5
Зенкор 0,5 л/га	43,8	24,5	10,6	8,7	21,8	11,6	7,4	2,8
Боксер 0,3 л/га	27,4	15,6	4,6	7,2	14,6	8,5	5,4	0,7
Двукратное опрыскивание								
Лазурит 0,8 л/га до всходов + Лазурит 0,5 л/га по всходам	89,7	36,5	38,8	14,4	56,4	24,2	21,8	10,4
Зенкор 0,8 л/га до всходов + Зенкор 0,5 л/га по всходам	92,3	43,2	37,8	11,3	67,3	23,3	27,2	16,8
НСР _{0,5}	2,93	1,87	0,94	2,75	3,24	2,78	3,62	3,14

Таблица 2

Фотосинтетические показатели и продуктивность растений картофеля при использовании гербицидов
(среднее за 2017–2019 гг.)

Photosynthetic indices and productivity of potato plants when herbicides were used (average for 2017-2019)

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га		ФСП, тыс. м ² сут/га	Продуктивность, г. м ² сут	
	максимальная	средняя		ФСП	средняя площадь листьев
Без гербицидов (контроль)	26,5/24,8	14,3/13,6	1397/1260	26,2/24,8	26,0/24,5
Опрыскивание до всходов					
Гезагарт 2,5 кг/га	28,3/27,3	14,8/14,0	1480/1326	27,3/26,9	26,7/27,0
Лазурит 0,8 л/га	31,6/28,2	16,1/14,8	1625/1415	28,5/27,3	28,6/27,3
Боксер 1,3 л/га	28,5/27,8	17,2/15,7	1710/1638	29,6/29,4	24,7/23,8
Опрыскивание по всходам					
Лазурит 0,5 л/га	30,8/29,4	15,0/13,8	1456/1372	27,5/25,6	28,4/27,5
Зенкор 0,5 л/га	31,9/30,5	17,2/15,2	1728/1530	30,4/26,8	29,6/24,3
Боксер 0,3 л/га	29,2/27,8	15,8/15,6	1638/1513	27,5/24,7	25,8/24,2
Двукратное опрыскивание					
Лазурит 0,8 л/га до всходов +	34,8/31,9	18,1/16,0	1857/1720	31,6/28,5	31,8/29,6
Лазурит 0,5 л/га по всходам					
Зенкор 0,8 л/га до всходов +	35,1/32,4	20,6/17,2	1896/1781	33,4/30,2	34,6/31,3
Зенкор 0,5 л/га по всходам					
НСР _{0,5}	0,38	0,62	0,15/0,23	0,14/0,18	0,13/0,19

Примечание. В числителе сорт – Любава; в знаменателе – Тулеевский.

Note. The numerator is Lubava variety; the denominator is Tuleevsky variety.

Таблица 3

Влияние гербицидов на урожайность и качество сортов картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)
Effect of herbicides on yield and quality of potato varieties (average for 2017–2019).

Вариант	Урожайность, т/га		Товар- ность,%	Содержание, % на сырое вещество				
	общая	приба- вка к конт- ролю, %		сухое веще- ство	крах- мал	вита- мин С, мг/100 г	редуци- рующие сахара	нитра- ты, мг/ кг
Сорт Любава								
Без гербицидов (контроль)	24,2	-	78	23,4	15,3	14,8	0,48	56
Опрыскивание до всходов								
Гезагард 2,5 кг/га	26,8	10	80	23,4	15,5	14,5	0,46	50
Лазурит 0,8 л/га	28,6	18	82	23,6	15,6	15,0	0,50	58
Зенкор 0,8 л/га	29,8	23	84	23,7	15,7	14,4	0,41	49
Боксер 1,3 л/га	26,5	9	83	23,3	15,5	14,5	0,44	62
Опрыскивание по всходам								
Лазурит 0,5 л/га	29,8	23	84	23,5	15,6	14,8	0,38	53
Зенкор 0,5 л/га	32,3	33	86	23,6	15,7	15,0	0,45	60
Боксер 0,3 л/га	28,6	18	83	23,8	15,4	14,9	0,40	-
Двукратное опрыскивание								
Лазурит 0,8 л/га до всхо- дов + Лазурит 0,5 л/га по всходам	35,2	37	85	24,0	15,8	15,0	0,35	49
Зенкор 0,8 л/га до всходов + Зенкор 0,5 л/га по всходам	35,5	39	88	24,2	16,0	14,4	0,40	54
Сорт Тулеевский								
Без гербицидов (контроль)	23,8	-	76	23,8	16,2	13,4	0,36	36
Опрыскивание до всходов								
Гезагард 2,5 кг/га	24,0	18	74	23,8	16,2	13,2	0,44	34
Лазурит 0,8 л/га	25,3	8	79	24,0	16,3	13,6	0,30	28
Зенкор 0,8 л/га	26,7	12	80	24,1	16,4	13,8	0,48	30
Боксер 1,3 л/га	24,0	2	78	23,9	16,2	13,2	0,31	39
Опрыскивание по всходам								
Лазурит 0,5 л/га	24,2	2	81	24,2	16,5	13,6	0,28	30
Зенкор 0,5 л/га	25,6	8	82	24,1	16,4	14,1	0,33	34
Боксер 0,3 л/га	24,7	4	77	23,8	6,3	13,0	0,28	31
Двукратное опрыскивание								
Лазурит 0,8 л/га до всхо- дов + Лазурит 0,5 л/га по всходам	32,4	36	89	24,3	16,6	13,6	0,40	29
Зенкор 0,8 л/га до всходов + Зенкор 0,5 л/га по всходам	32,8	37	88	24,4	16,8	13,8	0,38	32
НСР _{0,5}	1,39	-	0,68	0,15	0,12	0,23	0,08	8,63

Примечание. Результаты дисперсионного анализа трехфакторного опыта (2 x 10 x 3): НСР_{0,5} для частных различий – 1,39, НСР_{0,5} для А – 1,96, НСР_{0,5} для В и АВ – 1,71. Главные эффекты факторов и их взаимодействия: А (сорт) – 24%, В (гербицид) – 32, С (год) – 26, АВ – 4,26, АС – 3,23, ВС – 2,85, АВС – 1,09 %.

Note. Results of analysis of variance for three-factor experiment (2 x 10 x 3): NSR_{0,5} for private differences – 1.39, NSR_{0,5} for A – 1.96, NSR_{0,5} for B and AB – 1.71. Main effects of factors and their interactions: A (variety) – 24%, B (herbicide) – 32, C (year) – 26, AB – 4.26, AC – 3.23, BC – 2.85 and ABC – 1.09 %.

Повышение урожайности у сорта Любава максимальным было на фоне довсходового опрыскивания в варианте с Зенкором 0,5 л/га – на 23% при 18% на фоне Лазурита 0,8 л/га. У данного сорта при опрыскивании по всходам также выделялся вариант с препаратом Зенкор 0,5 л/га, где урожайность составляла 32,3 т/га (прибавка к контролю 33%). Максимальные значения прибавки урожайности при двукратном внесении гербицидов достигли 39% у сорта Любава и 37% у сорта Тулеевский.

Установлено повышение параметров товарности клубней у обоих изученных сортов. У раннего сорта Любава товарность возросла относительно контроля на 6–8%, сорта Тулеевский – на 9–12%. Показано, что применение гербицидов способствует увеличению содержания сухого вещества на 0,3–0,5%, крахмала – на 0,3–0,7%.

По содержанию витамина С и редуцирующих сахаров существенных различий в ва-

риантах опыта не обнаружено. Концентрация нитратов колебалась у раннего сорта Любава от 49 до 62 мг/кг, среднеспелого Тулеевский – от 28 до 39 мг/кг (табл. 3).

Дисперсионным анализом трехфакторного опыта (2 x 10 x 3) определено, что урожайность клубней зависит от сорта на 24%, гербицидов – на 32,1 и погодных условий – на 26% при наибольшем взаимодействии факторов А (сорт) и В (гербицид).

В годы опытной работы проводилось изучение сохранности продукции картофеля среднеспелого сорта Тулеевский. Потери за 7 месяцев хранения в вариантах с гербицидами были практически на уровне контроля. Потери от болезней были наибольшими в варианте с двукратным внесением Лазурита (0,8 и 0,3 л/га), что превышало контроль в 1,2 раза.

Технический отход был практически одинаковым в контроле и в вариантах с гербицидами (табл. 4).

Таблица 4

Сохранность клубней среднеспелого сорта Тулеевский в зависимости от применения гербицидов (среднее за 2017–2019 гг.)

Retention of tubers of medium-ripening variety Tuleevsky depending on herbicide application (average for 2017–2019).

Вариант	Потери за 7 месяцев хранения, %			
	общие	в том числе		
		естественная убыль	технический подход	гниль
Без гербицидов (контроль)	9,4	5,8	2,5	1,1
Опрыскивание до всходов				
Гезагарт 2,5 кг/га	9,8	5,8	2,8	1,2
Лазурит 0,8 л/га	9,2	5,6	2,4	1,2
Зенкор 0,8 л/га	9,0	5,8	2,3	0,9
Боксер 1,3 л/га	9,4	5,7	2,1	1,6
Опрыскивание по всходам				
Лазурит 0,5 л/га	9,3	5,4	1,8	2,1
Зенкор 0,5 л/га	9,5	5,8	2,3	1,4
Боксер 0,3 л/га	9,6	5,7	2,4	1,5
Двукратное опрыскивание				
Лазурит 0,8 л/га до всходов + Лазурит 0,5 л/га по всходам	9,2	5,5	1,6	2,1
Зенкор 0,8 л/га до всходов + Зенкор 0,5 л/га по всходам	9,1	5,6	1,7	1,8
НСР _{0,5}	1,32			

Установлено, что гербицидные препараты при разных сроках использования обеспечили высокие параметры энергетической эффективности. При двукратном опрыскивании Зенкором коэффициент энергетической эффективности был выше контроля в 1,6 раза. Показано, что опрыскивание гербицидами экономически эффективно. Уровень рентабельности в вариантах с двукратным опрыскиванием достигает 178%, что выше контроля в 1,4 раза.

ВЫВОДЫ

1. В условиях выщелоченного чернозема северной лесостепи Новосибирского Приобья довсходовое и послевсходовое применение гербицидов, в особенности двукратное опрыскивание препаратом Зенкор (0,8 л/га до всходов и 0,5 л/га по всходам) с расходом рабо-

чей жидкости 300 л/га, повышало площадь листьев, ФСП и продуктивность растений в среднем на 19–24%. Вариант с двукратным применением Зенкора снижал засоренность на 92% перед первой обработкой и на 67% перед второй прополкой.

2. Двукратное внесение Зенкора повышало урожайность картофеля раннего сорта Любава на 39% относительно контроля, а у сорта Тулеевский (среднеспелый) – на 37%. На фоне гербицидов достоверно увеличивалось содержание сухого вещества и крахмала при концентрации нитратов в 5–8 раз ниже ПДК для этой культуры.

3. Дисперсионным анализом установлено, что урожайность картофеля зависела от сорта на 24%, гербицида – на 32 и условий года – на 26%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Разработка биологизированной системы ускоренного семеноводства картофеля как фактора сохранения продуктивности и повышения безопасности получаемой продукции* / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, Ю.И. Коваль, В.П. Цветкова, М.С. Шульга, Н.В. Гаврилец, В.С. Масленникова, А.А. Шульга // *Инновации и производственная безопасность*. – 2020. – №1 (27). – С. 88–96.
2. *Шульга М.С., Галеев Р.Р., Коровникова Т.А.* Особенности использования гербицидов на картофеле // *Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Нац. (всерос.) конф.* – Новосибирск, 2019. – С. 138–139.
3. *Картофель в России* / под ред. А.В. Коршунова. – М.: Достижения науки и техники в АПК. – 2003. – 968 с.
4. *Полухин Н.И.* Картофель в Сибири. – Новосибирск: Юпитер, 2010. – 71 с.
5. *Машьянова Г.К., Гринберг Е.Г., Штайнерт Т.В.* Овощные культуры и картофель в Сибири. – Новосибирск, 2010. – 523 с.
6. *Галеев Р.Р.* Интенсивные технологии производства картофеля и овощей в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2001. – 236 с.
7. *Галеев Р.Р.* Особенности производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск, 2017. – 116 с.
8. *Галеев Р.Р., Шульга М.С.* Эффективность элементов адаптивной технологии ускоренного семеноводства безвирусного картофеля в северной лесостепи Приобья // *Вестник НГАУ*. – 2014. – №4 (33). – С. 28–33.
9. *Галеев Р.Р., Чагин Вл.В., Чагин Вит.В.* Сортоизучение свеклы столовой и картофеля в условиях Республики Хакасия // *Вестник Бурятской ГСХА*. – 2010. – №1 (18). – С. 73–76.
10. *Кильсен К.М.* Картофель в орошаемом земледелии. – Чита, 2003. – 48 с.
11. *Лапишинов Н.А.* Особенности семеноводства картофеля в Кемеровской области. – Кемерово: Книгоздат, 2007. – 78 с.

12. Кондратов А.Ф., Галеев Р.Р., Михеев В.В. Урожайный картофель. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2009. – 85 с.
13. Potato Genome Sequencing Consortium et al. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato (англ.) // Nature. – 2011. – Vol. 475, N 7355. – P. 189–195.
14. *The Bias against Agriculture: Trade and Macroeconomic Policies in Developing Countries* / ed.: R. Bautista, A. Valdés. – A Copublication of the International Center for Economic Growth and the International Food Policy Research Institute. – San Francisco (California): Press, 1993. – 339 p.
15. Collis J.S. The Worm forgives the plough. V. 1: While following the Plough; V. 2: Down to Earth. – Middlesex (England): Penguin Books, 1988. – 363 p.
16. Evenson R.E. Research and Extension in Agricultural Development. – San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992. – 54 p.
17. Kallen S.A. The Farm. – Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997. – 24 p.
18. Тихонов М.П., Кильгин А.А. Применение гербицидов при орошении. – Киров: Книгоздат, 1996. – 127 с.
19. Галеев Р.Р. Особенности использования гербицидов в семеноводстве картофеля. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2009. – 159 с.
20. Иванова Н.В., Галеев Р.Р. Особенности производства картофеля в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2006. – 59 с.
21. Михеев В.В., Галеев Р.Р. Применение гербицидов в интенсивных технологиях в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2008. – 92 с.
22. Коняев Н.Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Доклады ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 43–46.
23. Ничипирович А.Ф. Фотосинтетическая деятельность в посевах сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгиз, 1961. – 231 с.
24. Методика определения засоренности в посадках картофеля. – М.: Изд-во ВНИИКС, 2007. – 38 с.
25. Ермаков А.И. Методика биохимических исследований. – М.: Колос, 1979. – 268 с.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 365 с.

REFERENCES

1. Petrov A.F., Galeev R.R., Koval' Yu.I., Tsvetkova V.P., Shul'ga M.S., Gavrillets N.V., Maslennikova V.S., Shul'ga A.A., *Innovatsii i proizvodstvennaya bezopasnost'*, 2020, No. 1 (27), pp. 88–96. (In Russ.)
2. Shul'ga M.S., Galeev R.R., Korovnikova T.A., *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki*, Proceedings of the Conference, Novosibirsk, 2019, pp. 138–139. (In Russ.)
3. *Kartofel' v Rossii* (Potatoes in Russia), pod red. A.V. Korshunova, Moscow: Dostizheniya nauki i tekhniki v APK, 2003, 968 p.
4. Polukhin N.I., *Kartofel' v Sibiri* (Potatoes in Siberia), Novosibirsk: Yupiter, 2010, 71 p.
5. Mash'yanova G.K., Grinberg E.G., Shtaynert T.V., *Ovoshchnye kul'tury i kartofel' v Sibiri* (Vegetable crops and potatoes in Siberia), Novosibirsk, 2010, 523 p.
6. Galeev R.R., *Intensivnye tekhnologii proizvodstva kartofelya i ovoshchey v Zapadnoy Sibiri* (Intensive technologies of potato and vegetable production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2001, 236 p.
7. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v Zapadnoy Sibiri* (Features of potato production in Western Siberia), Novosibirsk, 2017, 116 p.
8. Galeev R.R., Shul'ga M.S., *Vestnik NGAU*, 2014, No. 4 (33), pp. 28–33. (In Russ.)
9. Galeev R.R., Chagin V.I., Chagin V.I., *Vestnik Buryatskoy GSKhA*, 2010, No. 1 (18), pp. 73–76.

10. Kil'sen K.M., *Kartofel' v oroshaemom zemledelii* (Potatoes in irrigated agriculture), Chita, 2003, 48 p.
11. Lapshinov N.A., *Osobennosti semenovodstva kartofelya v Kemerovskoy oblasti* (Features of potato seed production in the Kemerovo region), Kemerovo: Knigozdat, 2007, 78 p.
12. Kondratov A.F., Galeev R.R., Mikheev V.V., *Urozhaynyy kartofel'* (High-yield potatoes), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2009, 85 p.
13. Potato Genome Sequencing Consortium et al. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato (angl.), *Nature*, 2011, Vol. 475, No. 7355, pp. 189–195.
14. The Bias against Agriculture: Trade and Macroeconomic Policies in Developing Countries, ed.: R. Bautista, A. Valdés., A Copublication of the International Center for Economic Growth and the International Food Policy Research Institute., San Francisco (California): Press, 1993, 339 p.
15. Collis J.S., The Worm forgives the plough., V. 1: *While following the Plough*; V. 2: *Down to Earth*. – Middlesex (England): Penguin Books, 1988, 363 p.
16. Evenson R.E., *Research and Extension in Agricultural Development*, San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992, 54 p.
17. Kallen S.A., *The Farm*. – Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997, 24 p.
18. Tikhonov M.P., Kil'gin A.A., *Primenenie gerbitsidov pri oroshenii* (Application of herbicides in irrigation), Kirov: Knigozdat, 1996, 127 p.
19. Galeev R.R., *Osobennosti ispol'zovaniya gerbitsidov v semenovodstve kartofelya* (Features of the use of herbicides in potato seed production), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2009, 159 p.
20. Ivanova N.V., Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelya v Zapadnoy Sibiri* (Features of potato production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2006, 59 p.
21. Mikheev V.V., Galeev R.R., *Primenenie gerbitsidov v intensivnykh tekhnologiyakh v Zapadnoy Sibiri* (Application of herbicides in intensive technologies in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2008, 92 p.
22. Konyaev N.F., *Doklady VASKhNIL*, 1970, No. 9, pp. 43–46. (In Russ.)
23. Nichipirovich A.F., *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' v posevakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Photosynthetic activity in agricultural crops), Moscow: Sel'khozgiz, 1961, 231 p.
24. *Metodika opredeleniya zasorennosti v posadkakh kartofelya* (The method of determining the contamination in potato plantings), Moscow: Izd-vo VNIKKh, 2007, 38 p.
25. Ermakov A.I., *Metodika biokhimicheskikh issledovaniy* (Methods of biochemical research), Moscow: Kolos, 1979, 268 p.
26. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methodology of field experience), Moscow: Agropromizdat, 1985, 365 p.

УСТОЙЧИВОСТЬ КЛОНОВ *PINUS SIBIRICA* К НАСЕКОМЫМ КОНОБИОНТАМ В УСЛОВИЯХ ЕЛБАШИНСКОГО ПИТОМНИКА АО «БЕРДСКИЙ ЛЕСХОЗ» НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}Т.В. Гончарова, аспирант

^{1,3}В.В. Тараканов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Я.В. Ноздренко, инженер 1-й категории

²Р.В. Роговцев, начальник отдела

¹О.В. Паркина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Новосибирской области», Новосибирск, Россия

³ЗСО ИЛ СО РАН – филиал ФИЦ КНЦ СО РАН, Новосибирск, Россия
E-mail: tato4ka0909@mail.ru

Ключевые слова: дифференциация клонов *Pinus sibirica*, устойчивость, межклоновая изменчивость, конобионты, шишковая огнёвка *Dioryctria abietella*, большая шишковая пяденица *Euripthecia abietaria*

Реферат. Изучена межклоновая изменчивость кедров сибирского по устойчивости к насекомым конобионтам. Выявлено, что в архиве клонов плюсовых деревьев Новосибирской области (Елбашинский питомник АО «Бердский лесхоз», Искитимский район) основные вредители шишек и семян – шишковая огнёвка *Dioryctria abietella* Schiff. и большая шишковая пяденица *Euripthecia abietaria* Goeze. Повреждаемость шишек огнёвкой оказалась на порядок выше их повреждаемости пяденицей – 23,4 и 2,0 % соответственно. На основе изучения межклоновой изменчивости по степени повреждения урожая шишек огнёвкой и другим признакам сделан вывод о том, что отбор кедров на устойчивость к огнёвке может оказаться эффективным способом повышения урожайности на селекционно-семеноводческих объектах этой породы. В связи с отсутствием достоверной межклоновой корреляции между степенью повреждения урожая шишек и размерами деревьев отбор на устойчивость к шишковой огнёвке не приведёт к существенному изменению продуктивности стволовой древесины. Описан результат полученных данных о межклоновой корреляции, заключающийся в достоверной положительной зависимости размеров и «озернённости» шишек от высоты и диаметра ствола на фоне полного отсутствия связи между повреждаемостью шишек конобионтами и размерами деревьев и шишек. Сделаны выводы о том, что отбор на продуктивность стволовой древесины у кедров будет сопровождаться увеличением размеров и «озернённости» шишек (равно и наоборот), а отбор на устойчивость к конобионтам не приведёт к существенному изменению других признаков вегетативной и генеративной сферы.

RESISTANCE OF *PINUS SIBIRICA* CLONES TO INSECT CONOBIONTS IN THE YELBASHINSKY NURSERY OF JOINT-STOCK COMPANY «BERDSK FORESTRY» IN NOVOSIBIRSK REGION

^{1,2} T.V. Goncharova, Postgraduate,

^{1,3} V.V. Tarakanov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

² Ya.V. Nozdrenko, Engineer, 1-st category

² R.V. Rogovtsev, Head of Department

¹ O.V. Parkina, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

¹ Federal State Budgetary Educational Institute of Higher Education «Novosibirsk State Agrarian University», Novosibirsk, Russia

² Federal Forestry Agency Federal Budgetary Institution «Russian Center for Forest Protection» – Center for Forest Protection of the Novosibirsk Region, Novosibirsk, Russia

³ West-Siberian Branch of V.N. Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, Russia

Keywords: differentiation of *Pinus sibirica* clones, resistance, interclonal variability, conobionts, cone moth *Dioryctria abietella*, great cone moth *Eupithecia abietaria* Goeze

Abstract. *The inter-clonal variability of Siberian cedar in resistance to insect conobionts was studied. The authors revealed that the main pests of cones and seeds are cone moth *Dioryctria abietella* Schiff and giant cone moth *Eupithecia abietaria* Goeze in the archives of plus-tree clones of Novosibirsk region (Yelbashinsky Nursery of JSC «Berdsky forestry», Iskitimsky district). The moth's infestation of buds was 23.4%, and the infestation of buds by the moth was 2.0%. Selection of cedar for resistance to cone moths can be an effective way to increase yield at breeding and seed production facilities of this breed based on the study of inter-clonal variability in the degree of cone moth damage and other traits. Selection for resistance to cone moth disease will not significantly change stem wood productivity due to the absence of a reliable interclonal correlation between the degree of cone damage and tree size. The authors described the result of the findings of the inter-clone correlation, consisting of a significant positive correlation between cone size and «granularity» and stem height and diameter. This result was against the background of the complete absence of any correlation between cone damage by conobionts and tree and cone size. The authors also concluded that selection for stem wood productivity in cedar would be accompanied by an increase in cone size and «granularity» (and vice versa), while selection for resistance to conobionts will not lead to significant changes in other vegetative and generative traits.*

В соответствии с подпрограммой 3 «Воспроизводство лесов» государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 – 2020 гг. в результате реализации её третьего этапа (2018 – 2020 гг.) предполагается производство семян с улучшенными свойствами до 2,5% общей потребности [1, 2]. Однако в настоящее время объём их заготовки в СФО составляет лишь доли процента [3]. Это обусловлено как недостаточным количеством селекционно-семеноводческих объектов и, прежде всего, лесосеменных плантаций плюс-деревьев (ЛСП), так

и повреждением урожаев шишек и семян насекомыми конобионтами [4].

Одним из методов решения этой проблемы является изучение изменчивости признаков генеративной сферы и отбор на ЛСП генотипов (клонов) плюс-деревьев, устойчивых к повреждению конобионтами [5–9]. В Новосибирской области, лидирующей среди субъектов СФО по созданию и качеству объектов лесного генетико-селекционного комплекса (ЛГСК), заложено около 191 га ЛСП и архивов клонов плюс-деревьев хвойных пород [10, 11]. Значительная их часть вступила в семеношение, но изучение данных

объектов с рассмотренной точки зрения не проводилось.

В связи с изложенным основная цель нашей работы заключалась в изучении межклоновой изменчивости кедра сибирского по степени повреждения конобионтами на одной из плантаций этой ценной породы, созданной в Новосибирской области. Наряду с этим ставилась задача оценки генетических (межклоновых) корреляций степени повреждения шишек и семян с морфометрическими признаками генеративной и вегетативной сферы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в августе–сентябре 2019 г. в Приобском лесорастительном районе, в архиве клонов кедра сибирского *Pinus sibirica* № 7К, созданном в 1982–1983 гг. на территории Елбашинского селекционного питомника АО «Бердский лесхоз» (выд. 14, кв. 290). Закладка архива осуществлялась на площади 5,7 га общепринятым методом [12].

Для исследований было отобрано 10 клонов кедра (№ 9–18), которые были представлены не менее чем 10 ракетами основной посадки. У привитых деревьев учитывали высоту и диаметр ствола (на высоте 1,3 м), а также осуществляли сбор зрелых шишек в количестве не менее 10 на каждое дерево. Отбор шишек осуществляли методом случайной выборки. В лабораторных условиях общепринятыми методами измеряли длину и ширину шишек, оценивали число семян (орешек) в ней, а также степень их повреждения насекомыми [13]. По характерным признакам повреждений и личинок определяли видовую принадлежность насекомого [14–17]. В ходе натурного обследования и камерального изучения образцов шишек было выявлено, что повреждение шишек осуществляется двумя вредителями – шишковой огнёвкой *Dioryctria abietella* Schiff. и большой шишковой пяденицей *Eupithecia abietaria* Goeze. В качестве оценки степени повреждения шишек тем или иным видом насекомого использовали отношение числа повреждённых шишек к их

общему числу в образце, выраженное в процентах.

При статистической обработке данных использовали дисперсионный и корреляционный анализ, t-критерий [18].

Авторы признательны директору АО «Бердский лесхоз» В.И. Носкову и его заместителю А.Н. Юдинцеву за содействие в организации полевых исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Повреждаемость шишек кедра огнёвкой на порядок выше их повреждаемости пяденицей – 23,4 и 2,0 % соответственно (табл. 1). С учётом того, что пяденица практически не повреждает семена, наибольшую опасность для урожая представляет именно первый из упомянутых конобионтов. Поэтому отбор кедра на устойчивость к огнёвке может оказаться эффективным способом повышения урожайности на ЛСП этой породы, особенно если учесть, что химические методы борьбы с данным насекомым могут привести к снижению пищевой ценности семян (орешков).

В сравнении с более ранними исследованиями этого же архива А.И. Земляным и соавт. [12] длина шишек в 2019 г. оказалась пониженной почти на 1 см, а число полнозёрных семян в шишке – на 5 шт. Скорее всего, учитывая близость оценок коэффициентов вариации этих признаков в сравниваемые годы, это обусловлено особенностями метеоусловий. В возрасте около 40 лет при отсутствии конкуренции за питание привитые деревья имеют среднюю высоту 6,5 м и средний диаметр ствола 21 см. Если сравнивать эти показатели с показателями 10-летней давности [12], средний прирост за данный период по высоте составил около 10 см в год, по диаметру ствола – 0,6 см в год.

Относительно высокое значение межклонового коэффициента вариации признака «повреждаемость урожая огнёвкой», превышающее 20%, косвенно свидетельствует о перспективности клонового отбора по устойчивости кедра к вредителю. Данные однофакторного

дисперсионного анализа подтверждают это (табл. 2). Несмотря на сравнительно низкую долю межклонового компонента дисперсии в общей дисперсии признака (21,3%), которая примерно в 3 раза ниже соответствующего показателя по признакам генеративной сферы (60,0–76,7%), влияние клонов статистически высоко значимо ($P = 0,0006$). Анализ средних на клон показывает, что лимиты этого призна-

ка составляют от $14,0 \pm 0,7$ (у клона № 9) до $28,0 \pm 0,4\%$ (у клона № 15). Учитывая небольшую выборку анализируемых клонов, можно надеяться на обнаружение среди отобранных новосибирскими селекционерами 101 плюс-дерева кедровых генотипов со значительно меньшей повреждаемостью шишек огнёвкой. Это предстоит проверить в ходе дальнейших исследований.

Таблица 1

Средние арифметические и коэффициенты вариации признаков, вычисленные по средним на клон
Arithmetic means and coefficients of variation of traits calculated from averages per clone

Признак	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv
Повреждаемость огнёвкой, %	$23,40 \pm 1,51$	20,5
Повреждаемость пяденицей, %	$2,00 \pm 1,13$	178,0
Длина шишки, см	$6,40 \pm 0,18$	9,1
Ширина шишки, см	$4,50 \pm 0,10$	7,0
Число семян в шишке, шт.	$67,50 \pm 3,36$	15,8
Высота ствола, м	$6,50 \pm 0,12$	5,6
Диаметр ствола, см	$20,60 \pm 0,51$	7,8

Таблица 2

Компоненты дисперсии признаков и доли влияния клонов, вычисленные по результатам однофакторного дисперсионного анализа

Components of trait variance and proportion of influence of clones calculated by one-factor analysis of variance

Признак	Компонент дисперсии			Доля влияния клонов, %
	между клонами	внутри клонов	итого	
Повреждаемость огнёвкой, %	0,002	0,006	0,008	21,3***
Повреждаемость пяденицей, %	0,001	0,002	0,003	31,2***
Длина шишки, см	0,325	0,099	0,424	76,7***
Ширина шишки, см	0,095	0,042	0,137	69,1***
Число семян в шишке, шт.	105,985	70,583	176,568	60,0***
Высота ствола, м	0,119	0,150	0,269	44,1***
Диаметр ствола, см	2,363	2,222	4,585	51,5***

*** $P < 0,001$.

Нельзя не отметить относительно высокий уровень наследуемости (доля влияния клонов отражает верхний предел коэффициента наследуемости в широком смысле слова) и по габитуальным признакам – высоте и диаметру ствола (около 44 и 52 % соответственно). Возникает вопрос о межклоновой (генотипической) корреляции между повреждаемостью шишек и другими признаками. Не обсуждая ожидаемую тесную связь между длиной и шириной шишек, а также между высотой и диаметром ствола, отметим, прежде всего, высокую отрицательную

связь между повреждаемостью шишек разными энтомофитофагами, которая проявляется в коэффициенте корреляции Пирсона $r = -0,85$ ($P = 0,002$) (табл. 3). Это означает, что клоны преимущественно повреждаются одним из конбионтов. Следовательно, они относительно устойчивы лишь к одному из них. Поэтому отбор на устойчивость к огнёвке может привести к снижению устойчивости к пяденице. Однако, учитывая незначительное влияние данного вредителя на семена, эту опасность можно не принимать во внимание.

Таблица 3

Межклоновые коэффициенты корреляции изученных признаков (число клонов N=10)
Inter-clone correlation coefficients of studied traits (number of clones N=10)

Признак	ПО	ПП	ДШ	ШШ	ЧС	Н	Д
Повреждаемость огнёвкой (ПО)	1,000						
Повреждаемость пяденицей (ПП)	-0,847	1,000					
Длина шишки (ДШ)	-0,117	0,030	1,000				
Ширина шишки (ШШ)	-0,077	-0,034	0,989	1,000			
Число семян в шишке (ЧС)	0,101	-0,347	0,755	0,836	1,000		
Высота ствола (Н)	-0,040	0,115	0,931	0,923	0,633	1,000	
Диаметр ствола на уровне 1,3 м (Д)	0,089	-0,155	0,880	0,931	0,903	0,873	1,000

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, отличающиеся от нуля при $P < 0,01 - 0,001$.

Другой интересный результат из данных о межклоновой корреляции заключается в достоверной положительной зависимости размеров и «озернённости» шишек от высоты и диаметра ствола ($r = 0,88 - 0,93$; $P < 0,001$) на фоне полного отсутствия связи между повреждаемостью шишек конобионтами и размерами деревьев и шишек. Из этого следует, что, во-первых, отбор на продуктивность стволовой древесины у кедр будет сопровождаться увеличением размеров и «озернённости» шишек (равно и наоборот); во-вторых, отбор на устойчивость к конобионтам не приведёт к существенному изменению других признаков вегетативной и генеративной сферы.

ВЫВОДЫ

1. В архиве клонов плюсовых деревьев кедр Новосибирской области основные вредители шишек и семян – шишковая огнёвка *Dioryctria abietella* Schiff. и большая шишковая пяденица *Eupithecia abietaria* Goeze.

2. Повреждаемость шишек огнёвкой на порядок выше их повреждаемости пяденицей – 23,4 и 2,0 % соответственно.

3. С учётом того, что пяденица практически не повреждает семена, наибольшую ле-

сопатологическую опасность на семеноводческих объектах кедр представляет огнёвка. Поэтому отбор кедр на устойчивость к огнёвке может оказаться эффективным способом повышения урожайности на лесосеменных плантациях и участках (ЛСП и ПЛСУ), а также в кедросадах этой породы.

4. Оценка степени повреждаемости урожая шишек огнёвкой свидетельствует о высоко значимых межклоновых различиях, что создаёт возможность отбора на устойчивость кедр к этому опасному ксенобионту.

5. Средняя повреждаемость урожая шишек у отдельных клонов в изученном архиве варьирует в пределах от 14 до 28%. Учитывая относительно небольшую выборку анализируемых клонов, можно надеяться на обнаружение среди всех отобранных новосибирскими селекционерами плюс-деревьев кедр ещё более выдающихся генотипов. Это предположение будет проверено в ходе дальнейших исследований.

6. В связи с отсутствием достоверной корреляции между степенью повреждения урожая шишек и размерами деревьев отбор на устойчивость к шишковой огнёвке не приведёт к существенному изменению продуктивности стволовой древесины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 – 2020 годы: Постановление Правительства РФ от 15.04.2014. № 318 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/857/events/>, свободный.

2. *Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2018. № 1989-р. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/34064/>, свободный.*
3. *Кобельков М.Е.* Лесное семеноводство на пороге перемен // *Лесная Россия. Лесное семеноводство.* – 2008. – № 9. – С. 4–8.
4. *Тараканов В.В.* Актуальные проблемы сохранения и использования лесных генетических ресурсов Сибири // *Сохранение лесных генетических ресурсов: материалы 6-й Междунар. конф.-совещ., Щучинск, 16-20 сент. 2019 г. – Кокшетау: Мир печати: ИП. Устюгова, 2019. – С. 221–223.*
5. *Кулинич П.Н., Ефимов Ю.П., Максимов В.М.* Отбор устойчивых к конобионтам клонов сосны обыкновенной для создания семенных плантаций // *Современные методы лесной генетики и селекции.* – Воронеж, 1984. – С. 93–100.
6. *Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В.* Селекция и репродукция лесных древесных пород. – М.: Логос, 2002. – 520 с.
7. *Biology and management of North American cone-feeding Dioryctria species / C.M. Whitehouse, A.D. Roe, W.B. Strong [et al.] // Can. Entomol. – 2011. – Vol. 143. – P. 1–34.*
8. *Snieszko R.A., Koch J.* Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application // *Biol Invasions.* – 2017. – Vol. 19. – P. 3377–3400. – DOI: 10.1007/s10530-017-1482-5.
9. *Volatiles from Pinus koraiensis at different stages after infested by Dioryctria pryeri and the relationship with host selection / Du Xiu Juan, Song Li Wen, Gao Chang Qi [et al.] // Scientia Silvae Sinicae. – 2010. – Vol. 46, N 8. – P. 107–113.*
10. *Состояние и перспективы развития генетико-селекционного комплекса хвойных пород в Сибири (на примере Новосибирской области) / В.В. Тараканов, Д.С. Дубовик, Р.В. Роговцев, К.Г. Зацепина, А.В. Бугаков, Т.В. Гончарова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2019. – № 3(43). – С. 5–24. – DOI: 10.25686/2306-2827.2019.3.5.*
11. *Болонин И.П., Кулаков В.Е., Чернов Г.Н.* Опыт создания и проблемы развития единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК) в Сибири. – Новосибирск, 2008. – 140 с.
12. *Земляной А.И., Ильичев Ю.Н., Тараканов В.В.* Межклоновая изменчивость кедра сибирского по элементам семенной продуктивности: перспективы отбора // *Хвойные бореальной зоны.* – 2010. – № 1–2. – С. 77–82.
13. *Методы изучения внутривидовой изменчивости древесных пород / А.И. Ирошников, С.А. Мамаев, Л.Ф. Правдин, М.А. Щербакова. – М., 1973. – 31 с.*
14. *Ильинский А.И.* Определитель вредителей леса. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 392 с.
15. *ГОСТ 13056.9–68* Семена деревьев и кустарников. Методы энтомологической экспертизы. – М.: Изд-во стандартов, 1967.
16. *Вредители шишек и семян хвойных пород / Г.В. Стадницкий, Г.И. Юрченко, А.Н. Сметанин, В.П. Гребенщикова, М.В. Прибылова. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 168 с.*
17. *Лесная энтомология / Е.Г. Мозолевская, А.В. Селиховкин, С.С. Ижевский, А.А. Захаров, М.А. Голосова, Н.Б. Никитский. – М.: Академия, 2010. – 416 с.*
18. *Биометрия / Н.В. Глотов, Л.А. Животовский, Н.В. Хованов, Н.Н. Хромов-Борисов. – Л.: Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова, 1982. – 264 с.*

REFERENCES

1. *Gosudarstvennaya programma Rossiiskoi Federatsii «Razvitie lesnogo khozyaistva» na 2013-2020 gody* (State program of the Russian Federation «Development of forestry» for 2013-2020),

- Postanovlenie Pravitel'stva Russian Federation, 2014, April 15, No. 318, URL: <http://government.ru/rugovclassifier/857/events/>.
2. *Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda* (Strategy for the development of the forestry complex of the Russian Federation until 2030): Rasporyazhenie Pravitel'stva Russian Federation, 2018, September 20, No. 1989-r, URL: <http://government.ru/docs/34064/>.
 3. Kobel'kov M.E., *Lesnaya Rossiya. Lesnoe semenovodstvo*, 2008, No. 9, pp. 4–8. (In Russ.)
 4. Tarakanov V.V., *Sokhranenie lesnykh geneticheskikh resursov* (Conservation of forest genetic resources), Proceedings of the 6th International Conference-Meeting, Shchuchinsk, September 16–20, 2019, Kokshetau: Mir pechati, 2019, pp. 221–223. (In Russ.)
 5. Kulinich P.N., Efimov Yu.P., Maksimov V.M., *Sovremennye metody lesnoi genetiki i seleksii*, Voronezh, 1984, pp. 93–100. (In Russ.)
 6. Tsarev A.P., Pogiba S.P., Trenin V.V., *Selektsiya i reproduktsiya lesnykh drevesnykh porod* (Selection and reproduction of forest tree species), Moscow: Logos, 2002, 520 p.
 7. Whitehouse C.M., Roe A.D., Strong W.B., Evenden M.L., Sperling F.A.H. Biology and management of North American cone-feeding Dioryctria species, *Can. Entomol.*, 2011, Vol. 143, pp. 1–34.
 8. Sniezko R.A., Koch J., Breeding trees resistant to insects and diseases: putting theory into application, *Biol Invasions*, 2017, Vol. 19, pp. 3377–3400, DOI 10.1007/s10530-017-1482-5.
 9. Du XiuJuan, Song Li Wen, Gao Chang Qi, Zhou Chun Yan, Li Xing Peng, Mao Bao Ju, Gao Qun Zong, Pan Li Ming, Volatiles from Pinus koraiensis at different stages after infested by Dioryctria pryeri and the relationship with host selection, *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, Vol. 46, No. 8, pp. 107–113.
 10. Tarakanov V.V., Dubovik D.S., Rogovtsev R.V., Zatsepina K.G., Bugakov A.V., Goncharova T.V., *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univertsiteta*, 2019, No. 3 (43), pp. 5–24. (In Russ.)
 11. Bolonin I.P., Kulakov V.E., Chernov G.N., *Opyt sozdaniya i problemy razvitiya edinogo genetiko-selektsionnogo kompleksa (EGSK) v Sibiri* (Experience in the creation and development problems of a single genetic-breeding complex (SGBC) in Siberia), Novosibirsk, 2008. 140 p.
 12. Zemlyanoi A.I., Il'ichev Yu.N., Tarakanov V.V., *Khvoinye boreal'noi zony*, 2010, No. 1–2, pp. 77–82. (In Russ.)
 13. Iroshnikov A.I., Mamaev S.A., Pravdin L.F., Shcherbakova M.A., *Metody izucheniya vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh porod* (Methods for studying the intraspecific variability of tree species), Moscow, 1973, 31 p.
 14. Il'inskii A.I., *Opredelitel' vreditelei lesa* (Identifier of forest pests), Moscow, Sel'khozizdat, 1962, 392 p.
 15. GOST 13056.9–68 *Semena derev'ev i kustarnikov. Metody entomologicheskoi ekspertizy* (Seeds of trees and shrubs. Entomological examination methods), Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1967.
 16. Stadnitskii G.V., Yurchenko G.I., Smetanin A.N., Grebenshchikova V.P., Pribylova M.V., *Vrediteli shishek i semyan khvoinykh porod* (Pests of cones and seeds of conifers), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1978, 168 p.
 17. Mozolevskaya E.G., Selikhovkin A.V., Izhevskii S.S., Zakharov A.A., Golosova M.A., Nikitskii N.B., *Lesnaya entomologiya* (Forest entomology), Moscow: Akademiya, 2010, 416 p.
 18. Glotov N.V., Zhivotovskii L.A., Khovanov N.V., Khromov-Borisov N.N., *Biometriya* (Biometrics), Leningrad: Leningradskii gosudarstvennyi universitet im. A.A. Zhdanova, 1982, 264 p.

СОВМЕСТНЫЕ ПОСЕВЫ КУКУРУЗЫ И СОИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.И. Кашеваров, доктор сельскохозяйственных наук,
академик РАН

А.А. Полищук, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Лебедев, кандидат сельскохозяйственных наук

В.И. Понамарева, научный сотрудник

М.В. Хазов, научный сотрудник

Ключевые слова: гибриды кукурузы, сорта сои, совместный посев, высота растений, урожайность зеленой массы

Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН, р.п. Краснообск,
Новосибирской обл., Россия
E-mail: feed@sfsca.ru

Реферат. *Представлены результаты исследований по возделыванию кукурузы в совместных посевах с соей в условиях лесостепной зоны Западной Сибири в 2003–2005 гг. Изучены высота растений и динамика урожайности зеленой массы кукурузы и сои. В результате учета высоты растений гибрид кукурузы Обский 150 СВ к уборке в одновидовых посевах был на 25–30 см, а гибрид кукурузы Краснодарский 382 МВ на 35–47 см выше, чем в совместных, что указывает на негативное воздействие сои на кукурузу. Гибрид кукурузы Краснодарский 382 МВ по высоте растений сильнее реагировал на угнетающее влияние сои, чем гибрид Обский 150 СВ, что особенно заметно при его возделывании в совместных посевах со скороспелым сортом сои СибНИИК-315. На ранних этапах развития высота растений сои в одновидовых и в разных вариантах совместных посевов практически не различалась, однако начиная с фазы плодообразования отмечается снижение прироста высоты растений сои в рядке с кукурузой и ее увеличение в черезрядном посеве. К уборке разница между высотой растений сои сорта Октябрь 70 в рядке и черезрядном посеве составила в среднем 11–24 см. При этом растения сои сорта Октябрь 70 в рядке с кукурузой были ниже, а в черезрядном посеве – выше, чем в одновидовом посеве, доказывая не столько принцип конкурентности, сколько действие высокого диапазона ярусности, которое вынуждает бобовый компонент тянуться к свету. В смеси с позднеспелым гибридом кукурузы Краснодарский 382 МВ раннеспелый сорт сои способствовал большему снижению урожайности зеленой массы кукурузы, чем позднеспелый сорт сои Октябрь 70. Уборка урожая, проведенная 2–6 сентября, показала, что совместные посевы кукурузы, независимо от скороспелости, обеспечили урожайность зеленой массы 23,7–40,1 т/га, что ниже на 49 и 14 %, чем в одновидовых посевах раннеспелого гибрида кукурузы Обский 150 СВ и в 2–3 раза – среднеспелого гибрида Краснодарский 382 МВ. Характер межвидовых взаимоотношений свидетельствует о большем негативном влиянии сои раннеспелого сорта СибНИИК-315 на продуктивность кукурузы и особенно среднеспелого гибрида Краснодарский 382 МВ, где различия с одновидовым посевом показали самую значительную величину – 51 %.*

JOINT CROPS OF MAISE AND SOYBEAN IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

N.I. Kashevarov, Doctor of Agricultural Sciences, RAS Academician

A.A. Polishchuk, PhD in Agricultural Sciences

A.N. Lebedev, PhD in Agricultural Sciences

V.I. Ponamareva, Researcher

M.V. Khazov, Researcher

Siberian Fodder Research Institute, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnobsk district, Novosibirsk region, Russia

Keywords: maise hybrids, soybean varieties, intercropping, plant height, green matter yield

Abstract. The paper presents the results of studies on the cultivation of maise in joint crops with soybean in the forest-steppe zone of Western Siberia in 2003-2005. The authors studied plant height and dynamics of green mass yield of maise and soybean. As a result of recording plant height, the authors observed that corn hybrid Ob 150 CB by 25-30 cm and corn hybrid Krasnodar 382 MB by 35-47 cm were higher in single-seeded crops by harvest than in joint crops, indicating the negative impact of soybeans on corn. The maise hybrid Krasnodarskiy 382 MB reacted more strongly to the depressing effect of soybean than the hybrid Obskiy 150 SV in terms of plant height. This comparison was especially noticeable when it was cultivated in joint crops with the early-ripening soybean variety SibNIIK-315. In the early stages of development, the height of soybean plants in single-species and different variants of common crops did not practically differ. However, starting from the phase of fruit formation, the authors observed a decrease in the height of soybean plants in the row with maise and its increase in the intercropping. By harvesting, the difference between the height of soybean plants of the variety October 70 in the row and across the row was on average 11-24 cm. At the same time, the soybean plants of the variety October 70 were lower in the row with maise and higher in the row spacing than in the single-seeded crop. The height of the plants proves not only the principle of competitiveness but also the effect of the high range of tiering, which forces the legume component to reach for the light. In a mixture with the late-ripening maise hybrid Krasnodarskiy 382 MB, the early-ripening soybean variety contributed to a more significant decrease in the green mass yield of maise than the late-ripening soybean variety October 70. Harvesting, conducted on 2-6 September, showed that joint crops of maise, regardless of early maturity, provided a green matter yield of 23.7-40.1 t/ha. This yield was 49% and 14% lower than in the single-species crops of early maturing hybrid maise Ob 150 CB and 2-3 times lower than the mid-season hybrid Krasnodar 382 MV. The nature of the interspecific relationships indicates a more significant negative impact of early maturing soybean variety SibNIIK-315 on the productivity of maise and especially the medium-maturing hybrid Krasnodarskiy 382 MV, where the differences with the single-species sowing showed the most significant value – 51 %.

При совместном возделывании растения оказывают друг на друга определенное биологическое влияние, которое в зависимости от культуры, способа размещения и погодных условий отражается на величине урожая. Воздействие экологических факторов на характер взаимоотношений растений в посеве приводит к тому, что совместное возделывание одних и тех же культур может быть как целе-

сообразным, так и неэффективным. В основе взаимодействий между растениями лежит конкуренция за свет, влагу и питательные вещества. Реальность химического взаимодействия растений общепризнана. Действие корневых выделений подчиняется основному закону действия физиологически активных веществ, согласно которому низкие концентрации вызывают стимулирующий эффект, с повышени-

ем концентрации он снижается и постепенно превращается в угнетающий, усиливающийся по мере повышения концентрации. Применяя различные агротехнические приемы, можно свести к минимуму отрицательное влияние тех сложных взаимоотношений, которые возникают при недостатке основных факторов жизни. Поэтому первичная практическая задача – разработать для каждой зоны соответствующие агроприемы, при которых смешанные посевы давали бы в хозяйстве ежегодно высокий урожай силосной массы, содержащей большое количество белков [1–6].

При возделывании биологически разнотипных культур в совместных посевах большое значение имеет правильный подбор сортов. От подбора сортов злакового и бобового компонента зависят урожай зеленой и сухой массы, качество корма и время уборки. Если при выращивании на силос с кукурузой используют скороспелые сорта бобовых растений, у которых начало пожелтения бобов наступает значительно раньше, чем фаза молочно-восковой спелости зерна кукурузы, то это снижает урожай общей силосной массы и сбор питательных веществ с единицы площади. Если же бобовая культура более позднеспелая, то ее растения не успеют сформировать высокий урожай кормовой массы [7–10].

Необходимо, чтобы у используемых сортов культур удачно сочетались темпы роста, т. е. чтобы одна из них не угнетала сильно другую. Например, рекомендуется подбирать сорта кукурузы и сои, близкие по продолжительности вегетационного периода. Важно достигнуть совмещения периода наступления хозяйственной кормовой спелости кукурузы (молочно-восковая спелость зерна) и сои (налив зерна). Кроме того, необходимо подбирать сорта, которые дают наивысший урожай в определенных почвенных и климатических условиях.

Цель работы заключалась в выявлении научно обоснованных закономерностей межвидовых взаимоотношений кукурузы и сои, высеваемых в различных сочетаниях, для получения сбалансированного по белку корма.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на полях Центральной экспериментальной базы СибНИИ кормов в 2003–2005 гг.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый. По данным СибНИИ кормов, содержание гумуса в слое почвы 0–40 см – 5,20–5,72 %, обеспеченность подвижными формами фосфора (по Чирикову) – средняя (51–62 мг/кг почвы), калия – высокая (100–145 мг/кг почвы), содержание общего азота – высокое (0,39–0,42 %), реакция почвенного раствора – слабощелочная (7,2–7,4).

Объектами исследований были раннеспелый гибрид кукурузы Обский 150 СВ [11], среднеспелый гибрид кукурузы Краснодарский 382 МВ, скороспелый сорт сои СибНИИК-315 [11] и среднеранний сорт сои Октябрь 70.

Предшественник – однолетние травы. Опыт размещался по осенней вспашке (23–25 см). Весной проводилось закрытие влаги зубowymi боровами (БЗТ-1,0), выравнивание почвы планировщиком (ПН-8), предпосевная культивация (КПС-4,0) на глубину заделки семян, прикатывание катками (ЗКК-6А) до и после посева. Кукурузу и сою высевали 21–29 мая ширококормно (70 см) на глубину 5–6 см.

Минеральные удобрения ($N_{60}P_{60}K_{40}$) вносили вручную вразброс под предпосевную культивацию. Уход за посевами осуществлялся согласно схеме опыта.

Опыт включал 8 вариантов: одновидовой посев гибридов кукурузы Обский 150 СВ, Краснодарский 382 МВ, сои сортов СибНИИК-315 и Октябрь 70, совместные посевы гибридов кукурузы Обский 150 СВ, Краснодарский 382 МВ и сои СибНИИК-315, Октябрь 70.

Повторность в опыте четырехкратная. Способ размещения делянок – систематический в два яруса. Посевная площадь делянок – 84 м², учетная – 56–84 м².

Учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам: учет динамики линейного роста, накопления зеленой биомас-

сы – по методике ВИК [12], фенологические наблюдения – по методике Госкомиссии по сортоиспытанию [13]. Дисперсионный анализ урожайных данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова [14] с помощью пакета программ СНЕДЕКОР на ПК [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Объективную картину о характере взаимоотношений компонентов в посеве может дать сравнение параметров изменения высоты рас-

тений в одновидовых и совместных посевах (табл.1).

Как показал анализ динамики высоты растений, гибрид кукурузы Обский 150 СВ к уборке в одновидовых посевах был на 25–30 см, а гибрид кукурузы Краснодарский 382 МВ на 35–47 см выше, чем в совместных, что указывает на негативное воздействие сои на кукурузу. Гибрид кукурузы Краснодарский 382 МВ по высоте растений сильнее реагировал на угнетающее влияние сои, чем Обский 150 СВ, что особенно заметно при его возделывании в совместных посевах со скороспелым сортом сои СибНИИК-315.

Таблица 1

Динамика линейного роста и густота стояния растений в совместных посевах кукурузы с соей (2003–2005 гг.)

Dynamics of linear growth and density of plants in joint crops of maize and soybean (2003–2005)

Вариант	Густота стояния, тыс. растений на 1 га	Высота растений, см			
		11–13.07	5–7.08	17–18.08	5–6.09
Кукуруза Обский 150 СВ	86	170	241	253	256
Кукуруза Краснодарский 382 МВ	127	151	241	261	267
Соя СибНИИК-315	367	81	87	93	93
Соя Октябрь 70	383	79	143	150	152
Обский 150 СВ	42	155	226	226	228
СибНИИК-315					
в рядке	241	86	88	91	95
через ряд	179	86	89	98	102
Обский 150 СВ	42	157	229	231	233
Октябрь 70					
в рядке	217	86	135	139	147
через ряд	197	87	145	147	158
Краснодарский 382 МВ	56	139	206	220	220
СибНИИК-315					
в рядке	245	81	86	88	88
через ряд	187	82	90	99	100
Краснодарский 382 МВ	58	183	221	232	233
Октябрь 70					
в рядке	214	83	137	137	137
через ряд	192	84	144	150	161

На ранних этапах развития высота растений сои в одновидовых и в разных вариантах совместных посевов практически не различалась, однако начиная с фазы плодообразования отмечается снижение прироста высоты растений сои в рядке с кукурузой и ее увеличение

в черезрядном посеве. К уборке разница между высотой растений сои сорта Октябрь 70 в рядке и черезрядном посеве составила в среднем за 2003–2005 гг. 11–24 см. При этом растения сои сорта Октябрь 70 в рядке с кукурузой были ниже, а в черезрядном посеве – выше, чем

в одновидовом посеве, доказывая не столько принцип конкурентности, сколько действие высокого диапазона ярусности, которое нуждается бобовый компонент тянуться к свету.

В силу своих биологических особенностей позднеспелые формы были гораздо выше раннеспелых. Сочетание этих форм в различных вариантах в исследуемые годы показало, что позднеспелые гибриды кукурузы в силу растянутости вегетационного периода больше реагируют на негативное влияние со стороны сои, особенно раннеспелых сортов, видимо, вследствие корневых выделений либо фактора ярусности, способствующего большому затенению сои именно в рядке с кукурузой, где позднеспелый сорт сои Октябрь 70 реагировал на высоту более активно.

Таким образом, можно сделать вывод о присутствии конкуренции при межвидовых взаимоотношениях кукурузы и сои по высоте растений в условиях 2003–2005 гг., влияющей негативно со стороны сои, особенно на среднеспелый гибрид Краснодарский 382 МВ, по компенсационному типу взаимодействия, при котором снижение высоты одного генотипа компенсируется незначительным увеличением высоты другого.

Важным показателем эффективности, особенно при использовании вегетативной массы на кормовые цели, является интенсивность формирования биологической массы. Значительные различия по урожайности зеленой массы между совместным посевом кукурузы с соей и одновидовым посевом в пользу последнего отмечаются в фазу выметывания и цветения метелки у кукурузы – до 26,5 % у гибрида Обский 150 СВ и до 45% у гибрида Краснодарский 382 МВ в смеси с раннеспелым сортом сои СибНИИК-315, и несколько меньшими различиями – 26 и 28,2% соответственно в смеси со среднеранней соей Октябрь 70. Но уже к фазе формирования початков у кукурузы различия по зеленой массе снижаются до 4,4–16,3 % в смеси с раннеспелой соей СибНИИК-315 и 2,9–4,7 % со среднеранней соей Октябрь 70, которые находились в фазе образования бобиков у сои. К данному моменту (кукуруза находилась в фазе фор-

мирования початков и зерна в початках) фаза интенсивного роста вегетативной массы завершается и наступает период интенсивного роста генеративных органов и накопления сухого вещества. В это время урожайность зеленой массы смешанных посевов уже на уровне или выше на 3,4–8,4 % одновидовых посевов кукурузы и в дальнейшем эти различия увеличиваются. Налицо явное негативное влияние сои при межвидовых взаимоотношениях на кукурузу особенно в фазу цветения и образования бобиков, в дальнейшем нивелирующееся. Немаловажным фактором влияния, является, видимо, микроклимат совместных посевов, который формируется исходя из погодных условий исследуемых лет.

Иначе происходило формирование биомассы у сои: в течение всего вегетационного периода ее урожайность была выше в одновидовых посевах, чем в совместных с кукурузой. При сравнительно одинаковой густоте стояния в рядке и в черезрядном посеве урожай ее в рядке был ниже, что предполагает более тесное взаимодействие с кукурузой, которая также негативно влияла на процессы формирования биомассы сои.

Обский 150 СВ в смеси с раннеспелой соей СибНИИК-315 в течение последующих лет имел урожайность зеленой массы ниже, чем в смеси со среднеранним сортом сои Октябрь 70, в среднем на 10 % (табл. 2).

В смеси с позднеспелым гибридом кукурузы Краснодарский 382 МВ раннеспелый сорт сои способствовал большему снижению урожайности зеленой массы кукурузы, чем позднеспелый сорт Октябрь 70.

Обратного взаимодействия, т. е. какого-либо негативного влияния кукурузы на сою, не наблюдалось. Раннеспелая соя СибНИИК-315 и среднеранняя Октябрь 70 при возделывании с различными по скороспелости гибридами кукурузы по урожайности зеленой массы находились практически на одном уровне. Аналогичные закономерности, изложенные выше, прослеживаются при анализе урожайности сухой массы.

Таблица 2

Динамика урожайности зеленой массы совместных посевов кукурузы с соей (2003–2005 гг.), т/га
Dynamics of the green mass yield of joint crops of maize with soybean (2003–2005), t/ha

Вариант	Дата учета						
	11–13.07	5–7.08		16–18.08		2–6.09	
	всего	всего	в т.ч. початков	всего	в т.ч. початков	всего	в т.ч. початков
Кукуруза Обский 150 СВ	27,1	47,1	14,5	49,5	17,6	46,5	18,7
Кукуруза Краснодарский 382 МВ	27,3	50,5	0,9	57,3	12,6	72,3	27,3
Соя СибНИИК-315	10,3	19,7	-	20,4	-	8,0	-
Соя Октябрь 70	10,5	23,0	-	21,2	-	26,1	-
Обский 150 СВ	11,1	22,7	7,9	22,8	9,3	23,7	10,2
СибНИИК-315							
в рядок	4,7	6,6	-	5,1	-	2,5	-
через ряд	4,6	7,0	-	6,9	-	2,7	-
всего сои	9,3	13,6	-	12,0	-	5,2	-
Обский 150 СВ	10,6	22,8	7,9	24,7	10,3	24,3	10,6
Октябрь 70							
в рядок	4,5	6,8	-	6,8	-	6,9	-
через ряд	5,1	7,5	-	7,6	-	7,3	-
всего сои	9,6	14,3	-	14,4	-	14,2	-
Краснодарский 382 МВ	7,9	21,3	0,1	29,1	7,0	35,1	13,5
СибНИИК-315							
в рядок	4,8	6,3	-	5,5	-	2,2	-
через ряд	4,8	8,4	-	7,1	-	3,7	-
всего сои	9,6	14,7	-	12,6	-	5,9	-
Краснодарский 382 МВ	10,2	23,5	0	31,3	81	40,1	14,8
Октябрь 70							
в рядок	4,1	7,3	-	7,0	-	6,1	-
через ряд	5,1	8,6	-	8,4	-	8,7	-
всего сои	9,2	15,9	-	15,4	-	14,8	-
НСР _{0,95} А (способ посева)						11,26	

Уборка урожая, проведенная 2–6 сентября, показала, что совместные посевы кукурузы, независимо от скороспелости, обеспечили урожайность зеленой массы 23,7–40,1 т/га, что ниже на 49 и 14 %, чем в одновидовых посевах раннеспелого гибрида кукурузы Обский 150 СВ и в 2–3 раза – среднеспелого гибрида Краснодарский 382 МВ.

Характер межвидовых взаимоотношений свидетельствует о большем негативном влиянии сои раннеспелого сорта СибНИИК-315 на продуктивность кукурузы и особенно среднеспелого гибрида Краснодарский 302 ТВ, где различия с одновидовым посевом показали самую значительную величину – 51 %.

ВЫВОДЫ

1. Кукуруза, не терпящая конкуренции, в одновидовом посеве по всем показателям развивается гораздо лучше. В ценозе отмечается негативное влияние со стороны сои на высоту растений кукурузы, особенно скороспелого сорта СибНИИК-315 на среднеспелый гибрид Краснодарский 382 МВ по компенсационному типу взаимодействия, при котором снижение высоты одного генотипа (кукурузы) компенсируется хотя и незначительным, но увеличением высоты другого (сои).

2. Характер межвидовых взаимоотношений ужесточается в силу ограниченности временного периода произрастания при возделывании скороспелого сорта сои СибНИИК-315

совместно с кукурузой независимо от группы спелости, что ведет к снижению продуктивности посевов.

3. Растения обоих сортов сои в малой степени испытывали негативное влияние со

стороны кукурузы, особенно раннеспелого гибрида Обский 150 СВ.

4. Наибольшее негативное влияние соя, независимо от скороспелости, испытывала при посеве в один рядок с кукурузой, нежели в чередном посеве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бенц В.А. Поливидовые посевы в кормопроизводстве; Теория и практика. – Новосибирск, 1996. – 228 с.
2. Возделывание сои в Западной Сибири: рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 1999. – 73 с.
3. Ведение кормопроизводства в Сибири: практ. пособие / Н.И. Кашеваров, В.П. Данилов, А.А. Полищук [и др.]. – Новосибирск, 2013. – 80 с.
4. Кашеваров Н.И., Сапрыкин В.С. Поливидовые посевы кормовых культур как фактор повышения их продуктивности и сбалансированности кормов. – Новосибирск, 2012. – 76 с.
5. Кашеваров Н.И. Возделывание силосных культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1993. – 269 с.
6. Кукуруза в Сибири / Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин, Н.Н. Кашеварова, И.В. Ильин. – Новосибирск, 2004. – 400 с.
7. Соя в Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, В.А. Солошенко, Н.И. Васякин, А.А. Лях; РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск: Юпитер, 2004. – 256 с.
8. Малых И.П. Подбор сортов и гибридов кукурузы в смешанных посевах с сорго и соей // Возделывание однолетних и многолетних кормовых культур в Западной Сибири: сб. науч. тр. – Омск, 1986. – С. 12–15.
9. Шубина Л.Н. Агротехника смешанных посевов кукурузы и сои в Новосибирской области // Науч. техн. бюл. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 1984. – Вып. 35: Актуальные вопросы теории и практики кормопроизводства. – С. 3–4.
10. Шубина Л.Н. Особенности роста и развития кукурузы и сои в смешанном посеве // Науч. техн. бюл. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – 1984. – Вып. 17: Интенсификация полевого кормопроизводства. – С. 43–47.
11. Сорта сельскохозяйственных культур селекции СФНЦА РАН и НГАУ: проспект / РАН. Сиб. отд-ние. СФНЦА РАН: НГАУ. Новосибирск, 2019. – 112 с.
12. Методика полевых опытов с кормовыми культурами / ВИК. – М.: Колос, 1971. – 158 с.
13. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1971. – Вып. 1. – 248 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.

REFERENCES

1. Bents V.A., Polividoverye posevy v kormoproizvodstve; Teoriya i praktika (Multispecies crops in fodder production; Theory and practice), Novosibirsk, 1996, 228 p.
2. Vozdelyvanie soi v Zapadnoi Sibiri: rekomendatsii (Cultivation of soybeans in Western Siberia: recommendations), Novosibirsk: RASKhN. Sib. otd-nie. SibNII kormov, 1999, 73 p.
3. Kashevarov. N.I., Danilov V.P., Polishchuk A.A., Vedenie kormoproizvodstva v Sibiri: prakticheskoye posobie (Conducting feed production in Siberia: a practical guide), Novosibirsk, 2013, 80 p.

4. Kashevarov N.I., Saprykin V.S., *Polividyovye posevy kormovykh kul'tur kak faktor povysheniya ikh produktivnosti i sbalansirovannosti kormov* (Poly-species crops of forage crops as a factor in increasing their productivity and balance of forages), Novosibirsk, 2012, 76 p.
5. Kashevarov N.I., *Vozdelyvanie silosnykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri* (Cultivation of silage crops in Western Siberia), Novosibirsk, 1993, 269 p.
6. Kashevarov N.I., Il'in V.S., Kashevarova N.N., Il'in I.V., *Kukuruza v Sibiri* (Corn in Siberia), Novosibirsk, 2004, 400 p.
7. Kashevarov N.I., Soloshenko V.A., Vasyakin N.I., Lyakh A.A., *Soya v Zapadnoi Sibiri* (Soybeans in Western Siberia), Novosibirsk: Yupiter, 2004, 256 p.
8. Malykh I.P., *Vozdelyvanie odnoletnikh i mnogoletnikh kormovykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri* (Cultivation of annual and perennial forage crops in Western Siberia), Collection of scientific papers, Omsk, 1986, pp. 12–15 (In Russ.)
9. Shubina L.N., *Aktual'nye voprosy teorii i praktiki kormoproizvodstva* (Topical issues of theory and practice of feed production), Scientific and technical bulletin, VASKhNIL. Sib. otd-nie. SibNIIK, 1984, Issue 35, pp. 3–4 (In Russ.)
10. Shubina L.N., *Intensifikatsiya polevogo kormoproizvodstva* (Intensification of field forage production), Scientific and technical bulletin, VASKhNIL. Sib. otd-nie. SibNIIK, 1984, Issue 17, pp. 43–47 (In Russ.)
11. *Sorta sel'skokhozyaistvennykh kul'tur seleksii SFNTsA RAN i NGAU: Prospekt* (Cultivars of agricultural crops selected by SFNTSA RAS and NSAU: Prospect), Novosibirsk, 2019, 112 p.
12. *Metodika polevykh opytov s kormovymi kul'turami* (Methodology of field experiments with forage crops), Moscow: Kolos, 1971, 158 p.
13. *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of the State variety testing of agricultural crops), Moscow: Kolos, 1971, Issue 1, 248 p.
14. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment technique), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
15. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere. 2-e izdaniye* (Applied statistics on the computer. 2nd edition), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.

СПОСОБЫ ПОСЕВА КУКУРУЗЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СИЛОС В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Н.И. Кашеваров, доктор сельскохозяйственных наук,
академик РАН

А.А. Полищук, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Лебедев, кандидат сельскохозяйственных наук

В.И. Понамарева, научный сотрудник

М.В. Хазов, научный сотрудник

Ключевые слова: кукуруза, способ посева, урожайность, качество силоса, Западная Сибирь

Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН, р.п. Краснообск,
Новосибирской обл., Россия
E-mail: feed@sfscs.ru

Реферат. Приведены результаты исследований параметров продуктивности различных по скороспелости гибридов кукурузы в зависимости от способа посева. Опыт включал 5 вариантов: одновидовой посев гибридов Кубанский 101 и Кубанский 500, Кубанский 101 + Кубанский 500 (50 + 50 % от полной нормы высева), Кубанский 101 + Кубанский 500 (25 + 75 %) и Кубанский 101 + Кубанский 500 (75 + 25 %). Согласно данным биологического учета урожайности, проведенного 10 сентября, ультраскороспелый гибрид Кубанский 101 СВ находился в фазе молочно-восковой спелости зерна, позднеспелый Кубанский 500 СВ – в фазе формирования початков. В одновидовых посевах урожайность была закономерно выше у позднеспелого гибрида – 82,0 т/га, что на 38,1 т/га превышает урожайность ультраскороспелого гибрида, однако выход сухой массы у второго выше на 15,9 %, а початков – на 29 %. Концентрация сухого вещества у гибрида Кубанский 500 составила всего 18,8 %, Кубанский 101 СВ – 34,7 %. Разные вариации с соотношением в посевах гибридов различных групп спелости показали, что по урожайности зеленой массы превосходство имеют варианты, где доля позднеспелого гибрида выше. Так, присутствие 75 % гибрида Кубанский 500 СВ позволило получить наибольшую урожайность – 77,2 т/га, что почти в 2 раза выше урожайности одновидового посева ультраскороспелого гибрида (43,9 т/га), однако концентрация сухого вещества здесь составила 20,2 %. По данным биохимического анализа заготовленных партий силоса, все корма были доброкачественными. Масляной кислоты не обнаружено, а молочная преобладала над уксусной. Силос, приготовленный из гибрида Кубанский 101 СВ, по содержанию сухого вещества выгодно отличается от силоса из гибрида Кубанский 500 СВ и смесей с Кубанским 101 СВ – 33,8 % против 21 % в силосе из гибрида Кубанский 101 СВ и 24,2–25 % в смесях.

MAISE SOWING METHODS FOR SILAGE IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

N.I. Kashevarov, Doctor of Agricultural Sciences, RAS Academician

A.A. Polishchuk, PhD in Agricultural Sciences

A.N. Lebedev, PhD in Agricultural Sciences

V.I. Ponomareva, Researcher

M.V. Khazov, Researcher

Siberian Fodder Research Institute, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the
Russian Academy of Sciences, Krasnobsk district, Novosibirsk region, Russia

Keywords: maize, method of sowing, yield, silage quality, Western Siberia

Abstract. The authors showed the results of studies of productivity parameters of different early maturing maize hybrids depending on the method of sowing. Experiment included 5 variants: single-seeded hybrids Kubansky 101 and Kubansky 500, Kubansky 101 + Kubansky 500 (50 + 50% of the full seeding rate), Kubansky 101 + Kubansky 500 (25 + 75%) and Kubansky 101 + Kubansky 500 (75 + 25%). The authors carried out a biological yield survey on 10 September. This recording showed that the ultra-early-ripening hybrid Kubansky 101 CB was in the phase of milk-wax maturity of the grain, and the late-ripening Kubansky 500 CB was in the phase of cob formation. In single-species crops, the yields were naturally higher. The late-maturing hybrid yielded 82.0 t/ha, 38.1 t/ha higher than the ultra-maturing hybrid. However, the dry matter yield of the second hybrid was 15.9 % higher, and the cob yield was 29 % higher. The dry matter concentration of the hybrid Kubansky 500 was only 18.8 %. The hybrid Kubansky 101 CB had a dry matter concentration of 34.7 %. Different variations with the ratio of hybrids of different ripeness groups in the sowing showed that in green matter yield, the variants where the proportion of late-ripening hybrid is higher are superior. Thus, the presence of 75% hybrid Kubansky 500 CB allowed obtaining the highest yield of 77.2 t/ha. This yield is almost two times higher than the yield of the single-variety ultra-ripening hybrid (43.9 t/ha). However, the dry matter concentration here was 20.2 %. According to the biochemical analysis of the silage batches harvested, all the forages were benign. No oily acid was detected, and lactic acid predominated over acetic acid. Hay prepared from hybrid Kubansky 101 SV was 33.8% in dry matter content, which compares favourably with silage prepared from hybrid Kubansky 500 SV and mixtures with Kubansky 101 SV. The hybrid Kubansky 500 SV and mixtures with Kubansky 101 SV accounted for 21 % dry matter content. In silage prepared from hybrid Kubansky 101 SV, the percentage of dry matter is 24.2-25 %.

Кукуруза по-прежнему остается основной силосной культурой в Западной Сибири. Такое широкое распространение она получила благодаря целому комплексу положительных качеств, основными из которых являются высокая продуктивность и пластичность к условиям внешней среды. Ни одна культура в Сибирском регионе не знает таких темпов по скорости распространения и уровню механизации всего технологического процесса [1, 2].

По сравнению с другими кормами кукуруза отличается самым благоприятным соотношением питательных веществ. Для силосования более пригодна кукуруза молочно-восковой спелости, потому что она содержит больше сухого вещества и, следовательно, лучше силосуется [3].

Для заготовки высококачественного силоса технология ее выращивания должна обеспечивать формирование высокого и устойчивого по годам урожая зеленой массы с долей в ней початков молочно-восковой и восковой спелости зерна и содержанием сухого вещества не менее 22–25% при сумме эффек-

тивных температур не менее 1800°C, что возможно при использовании для посева семян различных по скороспелости гибридов. При этом очень важно выявить наиболее оптимальные параметры их продуктивности, что позволит им эффективно использовать ограниченные агроклиматические ресурсы зоны и наиболее полно проявить свой урожайный потенциал [4].

Таким образом, внедрение в кормопроизводство различных по скороспелости гибридов кукурузы и разработанных приемов технологии ее возделывания является важным фактором интенсификации производства сочных кормов, а следовательно, укрепления кормовой базы. Обеспечение возможности реализовать гибридам свой потенциал в ограниченных агроклиматических ресурсах, т. е. ежегодно формировать высокую и устойчивую по годам урожайность силосной массы, позволит заготавливать более высокие объемы качественного силоса [5, 6].

Однако в лесостепной зоне Западной Сибири для получения качественного корма подходят не все гибриды, поскольку вызре-

вают они по-разному. Позднеспелые гибриды зачастую имеют низкое содержание сухого вещества в зеленой массе, а раннеспелые гибриды к моменту уборки на силос находятся уже в фазе молочно-восковой и восковой спелости початков, но с низкой биомассой.

Цель наших исследований заключалась в обосновании способов повышения урожайности зелёной массы и качества готового корма.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2018–2020 гг. в северной лесостепной зоне на Центральной экспериментальной базе СибНИИ кормов СФНЦА РАН.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый. По данным СибНИИ кормов, содержание гумуса в слое почвы 0–40 см – 5,20–5,72 %, обеспеченность подвижными формами фосфора (по Чирикову) – средняя (51–62 мг/кг почвы), калия – высокая (100–145 мг/кг почвы), содержание общего азота – высокое (0,39–0,42 %), реакция почвенного раствора – слабощелочная (7,2–7,4).

Объектами исследований были ультраскороспелый гибрид Кубанский 101 СВ и позднеспелый гибрид Кубанский 500 СВ [7].

Предшественник – бобы кормовые на семена. Опыт размещался по осенней вспашке (23–25 см). Весной проводилось закрытие влаги зубowymi боронами (БЗТ-1,0), выравнивание почвы планировщиком (ПН-8), предпосевная культивация (КПС-4,0) на глубину заделки семян, прикатывание катками (ЗКК-6А) до и после посева. Кукурузу высевали 21–29 мая ширококрядно (70 см) на глубину 5–6 см сеялкой Optima.

Минеральные удобрения ($N_{60}P_{60}K_{40}$) вносили вручную вразброс под предпосевную культивацию. Уход за посевами осуществлялся согласно схеме опыта.

Опыт состоял из 5 вариантов: одновидовой посев гибридов Кубанский 101 и Кубанский 500, Кубанский 101 + Кубанский 500 (50 + 50 % от полной нормы посева), Кубанский 101 +

Кубанский 500 (25 + 75 %) и Кубанский 101 + Кубанский 500 (75 + 25 %).

Повторность в опыте четырехкратная. Способ размещения делянок – систематический в два яруса. Посевная площадь делянок – 84 м², учетная – 56–84 м².

Учеты и наблюдения проводились согласно общепринятым методикам: учет динамики нарастания зеленой массы – по методике ВИК [8], фенологические наблюдения – по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9]. Урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа [10] с применением ПК (пакет программ СНЕДЕКОР) [11]. Биохимический анализ зеленой массы проводили по А.И. Ермакову [12]. Содержание сухого вещества определяли по ГОСТ 31640–2012 [13]. Коэффициенты переваримости находили из таблиц М.Ф. Томмэ [14]. Энергетическую и протеиновую питательность силоса оценивали по В.И. Сироткину [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным биологического учета урожайности, проведенного 10 сентября, ультраскороспелый гибрид Кубанский 101 СВ находился в фазе молочно-восковой спелости зерна, позднеспелый гибрид Кубанский 500 СВ – в фазе формирования початков. В одновидовых посевах урожайность была закономерно выше у позднеспелого гибрида – 82,0 т/га, что на 38,1 т/га превышает урожайность ультраскороспелого гибрида, однако выход сухой массы у второго выше на 15,9 %, а початков – на 29 %. Концентрация сухого вещества у гибрида Кубанский 500 составила всего 18,8%, у Кубанского 101 СВ – 34,7%.

Разные вариации с соотношением в посевах гибридов различных групп спелости показали, что по урожайности зеленой массы превосходят варианты, где доля позднеспелого гибрида выше. Так, присутствие 75% гибрида Кубанский 500 СВ позволило получить наибольшую урожайность – 77,2 т/га, что почти в 2 раза выше урожайности одно-

видового посева ультраскороспелого гибрида (43,9 т/га), однако концентрация сухого вещества здесь составила 20,2 % (табл. 1).

Биохимический анализ заготовленных партий силоса показал, что все корма были доброкачественными. Масляной кислоты не обнаружено, а молочная преобладала над уксусной. Силос, приготовленный из гибрида Кубанский 101 СВ, по содержанию сухого вещества выгодно отличается от сило-

са из гибрида Кубанский 500 СВ и смесей с Кубанским 101 СВ – 33,8 % против 21 % в силосе из гибрида Кубанский 101 СВ и 24,2-25 % в смесях (табл. 2).

Был заложен также силос из зерноостерженной массы початков. Силос из гибрида Кубанский 101 СВ содержал сухого вещества 59 % и был готов к скармливанию практически как концентрированный корм.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от соотношения гибридов в посеве (2018-2020 гг.), т/га
Maize green matter yields depending on the ratio of hybrids in the crop (2018-2020), t/ha

Гибрид (соотношение гибридов от полной нормы высева, %)	Зеленая масса	В том числе початки	Абсолютно сухое вещество, %	Сухая масса	В том числе початки
Кубанский 101	43,9	18,7	34,7	15,2	7,86
Кубанский 500	82,0	22,2	18,8	15,4	3,57
Кубанский 101+ Кубанский 500 (50 + 50)	63,3	20,8	22,1	14,0	5,06
Кубанский 101 + Кубанский 500 (25 + 75)	77,2	23,0	20,2	15,6	4,42
Кубанский 101+ Кубанский 500 (75 +25)	50,3	19,0	28,2	14,2	6,53
НСР _{0,5} А (условия года)	66,6			14,5	
В (способ посева)	105,3			22,9	
АВ	148,9			32,4	

Таблица 2

Биохимические показатели силоса из гибридов кукурузы различных групп спелости
Biochemical parameters of silage from maize hybrids of different ripeness groups

Гибрид	Влажность, %	pH	Кислоты				Соотношение кислот, %	
			молочная	уксусная	масляная	сумма кислот	молочная	уксусная
Кубанский 101 СВ	66,2	3,9	0,80	0,58	0	1,38	58	42
Кубанский 500 СВ	79,0	3,8	1,1	0,76	0	1,82	60	40
Кубанский 101 СВ+Кубанский 500 СВ (50 + 50)	75,0	3,2	1,09	0,67	0	1,56	70	30
Кубанский 101 СВ+Кубанский 500 СВ (25 + 75)	77,3	3,4	0,78	0,59	0	1,40	56	44
Кубанский 101 СВ+Кубанский 500 СВ (75 + 25)	75,0	3,9	0,84	0,50	0	1,34	63	37
Зерноостерженная масса (Кубанский 101 СВ)	41,0	3,8	0,63	0,32	0	0,95	66	34
Зерноостерженная масса (Кубанский 102 СВ)	57,0	4,4	1,1	0,47	0	1,57	70	30
Зерноостерженная масса (Обский 140 СВ)	57,0	4,0	0,63	0,32	0	0,95	66	34

ВЫВОДЫ

1. В условиях 2018–2020 гг. оптимальным для получения качественного сырья был вариант с соотношением 75% ультраскороспелого гибрида кукурузы Кубанский 101 СВ и 25% позднеспелого гибрида Кубанский 500 СВ, где была получена урожайность зеленой массы 50,3 т/га с концентрацией сухого вещества 28,2%, а также вариант одновидово-

го посева ультраскороспелого гибрида кукурузы Кубанский 101 СВ при урожайности зеленой массы 43,9 т/га и концентрации сухого вещества 34,7%.

2. По данным биохимического анализа, удалось получить доброкачественный силос, не содержащий масляной кислоты и отличающийся хорошим соотношением молочной и уксусной кислот.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кукуруза в Сибири* / Н.И. Кашеваров, В.С. Ильин, Н.Н. Кашеварова, И.В. Ильин; РАСХН. ГНУ Сиб. отд-ние СибНИИ кормов; Сиб. фил. ГНУ ВНИИ кукурузы. – Новосибирск, 2004. – 400 с.
2. *Гончаров П.Л.* Кормовые культуры Сибири. – Новосибирск, 1992. – 264 с.
3. *Шмидт В., Веттергау Г.* Производство силоса. – М.: Колос, 1975. – 345 с.
4. *Соколов В.С.* Возделывание кукурузы в Новосибирской области / В.С. Соколов; ВАСХ-НИЛ. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 1978. – 23 с.
5. *Ведение кормопроизводства в Сибири: практ. пособие* / Н.И. Кашеваров, В.П. Данилов, А.А. Полищук [и др.]. – Новосибирск, 2013. – 80 с.
6. *Кашеваров Н.И.* Возделывание силосных культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1993. – 269 с.
7. *НПО «КОС-МАИС»: сайт* [Электронный ресурс]. – 2005-2021. – Режим доступа: <http://kosmais.ru/> (дата обращения: 30.06.2021).
8. *Методика полевых опытов с кормовыми культурами* / ВИК. – М.: Колос, 1971. – 158 с.
9. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. – М.: Колос, 1971. – Вып.1. – 248 с.
10. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
11. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Новосибирск, 2012. – 282 с.
12. *Методы биохимического исследования растений* / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович [и др.]; под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
13. *ГОСТ 31640–2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества*. – М.: Стандартинформ, 2012. – 13 с.
14. *Томмэ М.Ф.* Корма СССР. – М.: Колос, 1964. – 447 с.
15. *Сироткин В.И.* Экспресс-метод производственной оценки энергетической и протеиновой питательности силоса и химической консервы. – Новосибирск, 1989. – 53 с.

REFERENCES

1. Kashevarov N.I., Il'in V.S., Kashevarova N.N., Il'in I.V., *Kukuruza v Sibiri* (Corn in Siberia), Novosibirsk, 2004, 400 p.
2. Goncharov P.L., *Kormovye kul'tury Sibiri* (Forage crops of Siberia), Novosibirsk, 1992, 264 p.
3. Shmidt V., Vetterau G., *Proizvodstvo silosa* (Silage production), Moscow: Kolos, 1975, 345 p.
4. Sokolov V.S., *Vozdelyvanie kukuruzy v Novosibirskoi oblasti* (Cultivation of corn in the Novosibirsk region), Novosibirsk: VASKhNIL, Sibirskoe otделение, SibNII kormov, 1978, 23 p.

5. Kashevarov. N.I., Danilov V.P., Polishchuk A.A., *Vedenie kormoproizvodstva v Sibiri: prakticheskoye posobie* (Conducting feed production in Siberia: a practical guide), Novosibirsk, 2013, 80 p.
6. Kashevarov N.I. *Vozdelyvanie silosnykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri* (Cultivation of silage crops in Western Siberia), Novosibirsk, 1993, 269 p.
7. <http://kosmais.ru/> (June 30, 2021).
8. *Metodika polevykh opytov s kormovymi kul'turami* (Methodology of field experiments with forage crops), Moscow: Kolos, 1971, 158 p.
9. *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of the State variety testing of agricultural crops), Moscow: Kolos, 1971, Issue 1, 248 p.
10. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment technique), Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.
11. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere. 2-e izdaniye* (Applied statistics on the computer. 2nd edition), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.
12. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii* (Methods of biochemical research of plants), Leningrad: Agropromizdat, 1987, 430 p.
13. GOST 31640–2012 (State standard 31640–2012), Moscow: Standartinform, 2012, 13 p.
14. Tomme M.F., *Korma SSSR* (Forage of the USSR), Moscow: Kolos, 1964, 447 p.
15. Sirotkin V.I., *Ekspress-metod proizvodstvennoi otsenki energeticheskoi i proteinovoi pitatel'nosti silosa i khimicheskoi konservy* (Rapid method of industrial assessment of energy and protein nutritional value of silage and chemical canned food), Novosibirsk, 1989, 53 p.

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ К ГЕРБИЦИДАМ БАКТЕРИАЛЬНО-ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

¹Л.Н. Коробова, доктор биологических наук, доцент

²Т.А. Кизимова, младший научный сотрудник

¹А.А. Побеленская, аспирант

²Т.Г. Ломова, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехно-
логий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирской обл., Россия
E-mail: lnkorobova@mail.ru

Ключевые слова: яровая пше-
ница, бактериально-гумино-
вый препарат, антистрессант
к гербицидам, урожайность,
качество зерна, зараженность
зерна

Реферат. В производственном опыте в северной лесостепи Приобья изучено действие бактериально-гуминового препарата АФГ-в, содержащего спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens*. Препарат применялся на среднераннем сорте яровой пшеницы, формирующей зерно на уровне ценных пшениц, в качестве антистрессанта вместе с противодудольными и противооднородными гербицидами. В баковой смеси использовались метсульфурон-метил, феноксапроп-П-этил с антидотом клоксвинтосет-мексилом и 2-этилгексильный эфир 2,4-Д с флорасуламом. Установлено, что бактериально-гуминовый препарат АФГ-в нивелирует гербицидный стресс у пшеницы и оздоравливает растения. Он улучшает состояние мембран клеток листьев, препятствуя выходу из них электролитов. На корнях растений через месяц после применения антистрессанта отмечается ограничение в 1,5–2 раза развития и распространенности корневой гнили фузариозно-гельминтоспориозной этиологии. Наиболее выраженное фитосанитарное действие бактерий препарата, являющихся антагонистами фитопатогенов, установлено для первичных корней и эпикотилия растений. Антистрессовый и ростостимулирующий эффект АФГ-в проявляется в увеличении продуктивности растений. В период вегетации 2020 г. биопрепарат в комплексе с гербицидами обеспечил достоверную прибавку 40,2% зерна яровой пшеницы и повысил его качество, улучшив белковость и содержание клейковины. В условиях 2019 г. АФГ-в увеличил урожайность зерна относительно гербицидов примерно на 8% и не повлиял на качество зерна. Применение АФГ-в как антистрессанта не сопровождается улучшением посевных качеств семян нового урожая и не улучшает его фитосанитарное состояние по зараженности фитопатогенами *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* sp., *Alternaria*, *Stagonospora nodorum*, *Penicillium* и *Aspergillus* относительно одних гербицидов.

CHANGES IN SPRING WHEAT WHEN ADDING A BACTERIAL-HUMICIDAL PREPARATION TO HERBICIDES

¹L.N. Korobova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

²T.A. Kizimova, Junior Researcher

¹A.A. Pobelenskaya, PhD Student

²T.G. Lomova, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Research Centre for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnobsk, Novosibirsk region, Russia

Keywords: spring wheat, bacterial-humic preparation, anti-herbicide stressant, yield, grain quality, grain contamination

Abstract. *The authors studied the effect of the bacterial-humic preparation AFG-b containing the spore-forming bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus amyloliquefaciens* in a production experiment in the northern forest-steppe of the Novosibirsk Priob'ye region. The preparation was used on mid-early spring wheat, which forms grain at the level of valuable wheat. The drug was used as an antistressant together with herbicides against dicotyledonous and monocotyledonous plants. The tank mixture used was metsulfuron-methyl, fenoxaprop-P-ethyl with the antidote cloquintose-mexyl and 2-ethyl hexyl ester of 2,4-D with florasulam. The bacterial-humic preparation AFG-b is known to level out herbicide stress in wheat and improve plant health. It improves the condition of leaf cell membranes by preventing the escape of electrolytes from the cells. On the roots of plants one month after applying the antistressant, the authors observed a 1.5-2 times reduction in the development and prevalence of root rot of fusarium-helminthosporiosis etiology. The authors also marked the most pronounced phytosanitary effect of the preparation's bacteria, which are antagonists of phytopathogens for plants' primary roots and epicotyl. An increase in plant productivity manifests the anti-stress and growth-stimulating effect of AFG-b. During the growing season of 2020, the bio preparation combined with herbicides provided a reliable increase of 40.2% of the grain of spring wheat and improved its quality by enhancing the protein and gluten content. Under 2019 conditions, AFG-b increased grain yield relative to herbicides by about 8% and did not affect grain quality. Application of AFG-b as an anti-stressant is not accompanied by improvement of seed quality of the new crop. It does not improve its phytosanitary status in infestation by phytopathogens *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium sp.*, *Alternaria*, *Stagonospora nodorum*, *Penicillium* and *Aspergillus* relative to herbicides alone.*

Яровая пшеница является основной полевой культурой Сибири. Совместно с яровым ячменем она занимает в регионе около 80% площадей, отведенных под зерновые и зернобобовые культуры [1]. В технологиях возделывания яровой пшеницы и ячменя предусмотрено обязательное применение гербицидов, что чревато химическим стрессом для культурных растений, загрязнением зерна, почвы и водных объектов [2, 3].

Снижение экологических рисков от применения пестицидов является сегодня общемировой проблемой. Подходы к ее решению

разнообразны: от полного отказа от химической защиты растений до использования совместно с гербицидами препаратов-антистрессантов. В качестве последних в основном рекомендованы стимуляторы роста (чаще гуминовой природы) и микробные препараты. Показано, что такие добавки снижают у культуры окислительный стресс [4], стимулируют физиологическую активность и рост [5–9], повышают устойчивость к фитопатогенам [10, 11].

Несмотря на то, что спрос на биостимуляторы в мире ежегодно растет (по данным К.

Jindo et al. [11], в Европе на 10%, в Северной Америке – на 12,4%), гуминовые вещества при применении в полевых условиях иногда дают нестабильные результаты [12]. Поэтому более эффективными в растениеводстве считаются бактериально-гуминовые препараты. Входящие в их состав микроорганизмы обычно выделены из ризосферы и способны продуктивно функционировать в составе микробно-растительных комплексов, способствуя как росту культуры, так и одновременному усилению биологической активности почвы [13, 14]. Это улучшает снабжение растений минеральными веществами и повышает урожайность зерна.

На зерновых культурах в Западной Сибири хорошо зарекомендовали себя биопрепараты, содержащие спорообразующие бактерии рода *Bacillus*. При обработке семян они благотворно влияют на фитосанитарное состояние почвы и растений, подавляют болезнетворные микроорганизмы и дают ощутимую прибавку урожайности зерна [15, 16].

Цель данной работы – изучить оздоравливающий и антистрессовый эффект бактериально-гуминового препарата АФГ-в на основе бацилл при применении по вегетации на яровой пшенице совместно с гербицидами.

Для достижения цели решались следующие задачи: 1) через месяц после химической прополки определение физиологического состояния растений и их поражения корневой гнилью; 2) выявление степени антистрессового воздействия препарата на яровую пшеницу по количеству и качеству урожая; 3) изучение зараженности зерна нового урожая фитопатогенными грибами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования провели в 2019–2020 гг. на опытном поле агрономического факультета Новосибирского ГАУ в северной лесостепи Приобья в производственном опыте. Почва участка – чернозем выщелоченный средне-мощный, среднесуглинистый, с содержанием гумуса 6,7% и рН, близким к нейтрально-

му. Площадь опыта в 2019 г. составила 7,2 га, в 2020 г. – 9 га. Высевали яровую пшеницу сорта Новосибирская 31 с нормой 5,5 млн семян на 1 га. Сорт относится к среднеранним, формирует качество зерна на уровне ценных пшениц. Посевной материал заблаговременно протравливали Алькасаром, КС (дифенокназол + ципроконазол), 1 л/т.

В качестве основной обработки почвы применяли зяблевую вспашку на глубину 22 см, боронование весной, предпосевную культивацию посевным комплексом «Кузбасс-9,7 П» с внесением в 2019 г. 18 кг/га д.в. аммиачной селитры, в 2020 г. – 30 кг. В первый год проведения опыта пшеницу высевали по паровому предшественнику 24 мая, во второй год – по пшенице 18 мая.

В фазу кущения посев обрабатывали баковой смесью гербицидов с прилипателем ЭТД-90, Ж, 0,2 л/га. В первый год исследования баковая смесь гербицидов состояла из Сарацина, СП (метсульфурон-метил (600 г/кг)), 10 г/га; Дисулама, СЭ (2-этилгексильный эфир 2,4-Д, 452,42 г/л + флорасулам, 6,25 г/л), 0,4 л/га; Ягуара супер-100, КЭ (феноксапроп-П-этил, 100 г/л + антидот клоквинтосет-мексил), 0,4 л/га. В 2020 г. применяли Тайгер, ЭМВ (феноксапроп-П-этил, 69 г/л + антидот клоквинтосет-мексил), 0,5 л/га; Сарацин, СП, 5 г/га; Опричник, СЭ (2-этилгексильный эфир 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л), 0,4 л/га.

Схема опыта: 1) контроль 1 – баковая смесь гербицидов; 2) гербициды + АФГ-в (0,33 л/га); 3) контроль 2 – без химической прополки (как эталон состояния растений).

Препарат АФГ-в (Агрофит-гумат) представляет собой нормализованный безбалластный 4-6%-й (40-60 г/л) водный раствор калиевых и натриевых солей природных гуминовых кислот (полученных из леонардита). Содержит спорую массу *Bacillus subtilis*, штамм ВКПМ В-10641 и *Bacillus amyloliquefaciens*, штаммы ВКПМ В-10642 и ВКПМ В-10643. Титр бацилл – 0,3·10⁷ КОЕ.

В состав препарата входят 0,2–1,0% фульвово-й кислоты, Р, N (аммоний и нитрат-ион), К, S, микроэлементы: В, Са, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo, Cr, Se; органические вещества:

этиловые эфиры жирных кислот и другие вещества.

В опыте оценили состояние яровой пшеницы по удельной электропроводности листьев [17], пораженность растений корневой гнилью по органам, урожайность и элементы ее структуры, в собранном зерне – сырую клейковину, содержание белка и крахмала (на БИК-анализаторе Foss, Швейцария). В зерне нового урожая учли фитосанитарное состояние (по ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями) и показатели жизнеспособности семян. Сроки учета – через месяц после уборки и апрель следующего года.

Условия лет исследования в целом оказались благоприятными для роста и развития яровой пшеницы. Вегетационный период 2019 г. характеризовался как теплый с умеренным недостатком влаги (189,4 мм осадков при среднегодовой норме 224 мм). Засушливыми были июнь и август, дождливыми – первая и вторая декады июля. В 2020 г. сумма осадков за период май–август составила 245 мм. Май, июль и август были теплыми и переувлажненными (осадков выпало 140; 141 и 124% от нормы), июнь – прохладным и сухим с недобором осадков 44%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изученный микробно-гуминовый препарат в оба года исследований оказал благотворное влияние на стрессоустойчивость растений яровой пшеницы. Об этом свидетельствуют состояние клеточных мембран листьев и изменения в заболеваемости корней растений. Показателем состояния растений стал биофизический показатель – удельная электропроводность (УЭП) листьев яровой пшеницы, отражающая поток электролитов через их мембраны. Величину стрессового ответа растений по УЭП на гербицидную обработку определили в фазе цветения культуры. К этому моменту прошел месяц со дня химической прополки.

Тренд изменений состояния растений в опыте 2019 и 2020 гг. оказался одинаковым (рис. 1). Повышенный поток электролитов через мембраны клеток листьев зафиксирован у растений, обработанных гербицидами без антистрессанта АФГ-в, что свидетельствует о нарушении под действием гербицидов работы мембранной системы клеток, т.е. испытанном культурой гербицидным стрессе. Примененный нами бактериально-гуминовый

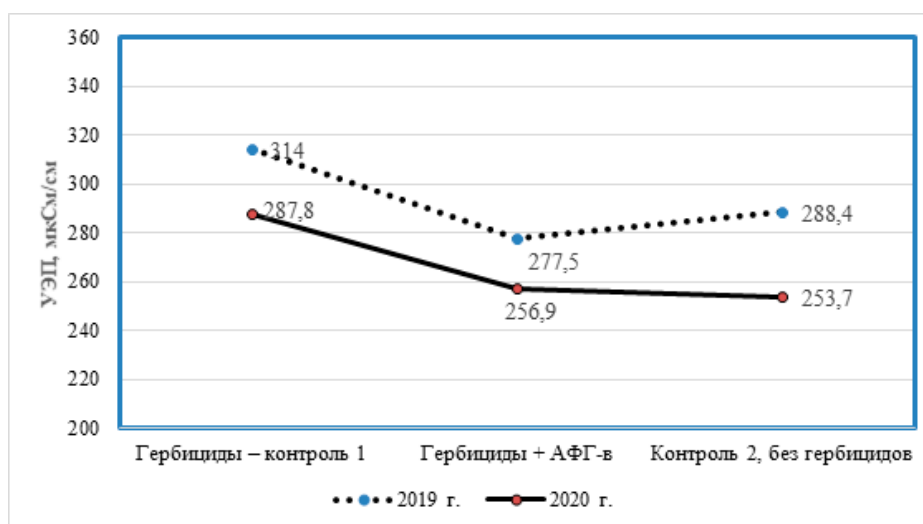


Рис. 1. Отклик растений яровой пшеницы Новосибирская 31 на обработку гербицидами с антистрессантом АФГ-в и без него (по величине УЭП клеток листьев через месяц после химпрополки)

В 2019 г. $HCP_{10} = 21,0$ мкСм/см, в 2020 г. $HCP_{10} = 17,9$ мкСм/см, степень влияния – 61,2–68,0%

Figure 1. Response of spring wheat plants Novosibirskaya 31 to herbicide treatment with and without the anti-stressant AFG-b (By leaf cell by the value of specific electrical conductivity of leaf cells (ECC), one month after chemical weeding). In 2019, least significant difference (LSD) $10 = 21.0$ μ S/cm (Microsiemens per centimeter), in 2020, least significant difference (LSD) $10 = 17.9$ μ S/cm (Microsiemens per centimeter), degree of influence – 61.2–68.0%

препарат такой абиотический стресс нивелировал. Посевы, обработанные гербицидами с АФГ-в, имели величину стрессового биофизического ответа, сопоставимого с уровнем эталонного варианта – контроля 2, в котором гербициды не применялись.

Использование антистрессанта АФГ-в совместно с гербицидами привело к снижению и биотического стресса, что выразилось в частичном оздоровлении растений от корневой гнили (табл. 1). Корневая система яровой пшеницы в среднем на растение в этом варианте в 2 раза меньше поражалась болезнью,

чем в отсутствие АФГ-в (болезнь в оба года исследования была фузариозно-гельминтоспориозной этиологии). На корнях растений и на эпикотиле при применении АФГ-в отмечено достоверное, с 5%-м уровнем значимости, ограничение ИРБ (индекса развития болезни), а вот на основании стебля оно проявилось в виде тенденции. В посеве, обработанном только баковой смесью гербицидов, в 1,5 раза была сильнее также распространённость корневой гнили. На делянках с гербицидами она составила 56,7%, с гербицидами и антистрессантом АФГ-в – 37,3%.

Таблица 1

Влияние антистрессанта АФГ-в на пораженность яровой пшеницы корневой гнилью в фазу колошения
Effect of the anti-stressant AFG-b on the incidence of spring wheat root rot in the ear emergence phase

Вариант	Индекс развития болезни, %				Распространенность болезни, %
	Корни	Эпикотиль	Основание стебля	В среднем по растению	
Гербициды – контроль 1	4,9	6,2	7,0	6,0	56,7
Гербициды + АФГ-в	2,8	2,0	4,6	3,1	37,3
Контроль 2, без гербицидов	9,6	10,4	7,9	9,3	64,0
НСР _{0,05}	2,1	3,9	3,6	3,2	17,1
Степень влияния по Снедекору, %	48,8	32,2	37,1	39,3	34,5

Улучшение фитосанитарной ситуации в посеве яровой пшеницы, по-видимому, могло быть связано и с усилением биоконтроля фитопатогенных грибов в ризосфере растений за счет привнесенных в почву с АФГ-в бактерий, проявляющих антагонистическую активность.

Использование АФГ-в в комплексе с гербицидами обеспечило высокую зерновую продуктивность яровой пшеницы. В 2020 г. в этом варианте было получено 43,6 ц/га зерна, что больше контроля 1 (гербициды) на 40,2% и варианта с отсутствием гербицидов и протравливания семян (контроль 2) на 65,2% (табл. 2). В опыте 2019 г., вегетация которого характеризовалась недостатком увлажнения, зерна было собрано меньше. Однако применение антистрессанта АФГ-в тоже позволило дополнительно получить с 1 га относительно 1-го контроля 3,2 ц зерна и относительно 2-го контроля 5,3 ц. В процентном отношении прибав-

ка урожайности от добавления бактериально-гуминового препарата АФГ-в в баковую смесь гербицидов в 2019 г. составила соответственно 7,9 и 13,1%.

Вклад АФГ-в в урожайность проявился в улучшении выполненности зерна и числа зерен в колосе (отличия на 90%-м уровне значимости).

На фоне АФГ-в в 2020 г. улучшилось качество зерна яровой пшеницы (табл. 3). Его определили в соответствии с ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. Зерно сформировалось с массовой долей белка 18,4% против 17,1% в варианте с баковой смесью гербицидов. Сырой клейковины в зерне содержалось чуть выше 32 %. В зерне с эталонного участка, где не было обработки гербицидами, содержание клейковины было ниже.

Таблица 2

Урожайность яровой пшеницы Новосибирская 31 и элементы ее структуры при применении антистрессанта АФГ-в
The yield of spring wheat Novosibirskaya 31 and its structure after application of Antistressant AFG-b

Вариант	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
<i>2019 г.</i>				
Гербициды – контроль 1	1,16	30,7	34,8	37,3
Гербициды + АФГ-в	1,15	32,0*	35,1	40,5**
Контроль 2 – без гербицидов	1,16	28,7	34,2	35,2
НСР _{0,05}	0,08	1,3	0,76	2,5
Степень влияния по Снедекору, %	40,7	57,9	44,9	71,7
<i>2020 г.</i>				
Гербициды – контроль 1	1,6	29,9	31,4	31,1
Гербициды + АФГ-в	1,5	32,4*	32,4*	43,6**
Контроль 2 – без гербицидов	1,9	26,4	29,2	26,4
НСР _{0,05}	0,3	2,6	1,7	4,5
НСР _{0,10}	0,2	2,0	1,0	3,7
Степень влияния по Снедекору, %	32,0	40,3	32,4	80,1

* Разница с контролем 1 на 90%-м уровне значимости;

** Разница с контролем 1 на 95%-м уровне значимости.

* Difference from control one at 90% significance level;

** Difference with control one at the 95% level of significance.

Таблица 3

Показатели качества зерна яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 на фоне антистрессанта АФГ-в, %
Grain quality indices of spring wheat variety Novosibirskaya 31 against the background of anti-stressant AFG-b

Вариант	Белок	Крахмал	Клейковина сырая
<i>2019 г.</i>			
Гербициды – контроль 1	17,7	63,3	30,7
Гербициды + АФГ-в	17,6	63,3	30,1
Контроль 2 – без гербицидов	16,2	64,1	27,8
<i>2020 г.</i>			
Гербициды – контроль 1	17,1	63,8	30,0
Гербициды + АФГ-в	18,4	62,8	32,3
Контроль 2 – без гербицидов	18,1	63,1	28,8

В 2019 г. зерно в обоих вариантах с химпрополкой сформировалось 2-го класса с содержанием клейковины в пределах 30,1–30,7% и белка 17,6–17,7%. Зерно контроля 2 с отсутствием пестицидных обработок отличалось несколько пониженной белковостью (16,2%) и клейковиной (27,8%) и относилось к 3-му классу.

На посевных качествах зерна использование препарата АФГ-в не отразилось. К весне следующего года зерно с анализируемых вариантов характеризовалось одинаковой дружностью прорастания: энергия прорастания была в интервале от 88,7 до 94,7%, лабораторная всхожесть составила 98–100%.

Фитосанитарное состояние зерна нового урожая в условиях 2020 г. было несколько

ко хуже в эталонном варианте (без гербицидов и протравителей семян). В зерновках определили зараженность фитопатогенами *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* sp., *Alternaria*, *Stagonospora nodorum* (= *Septoria nodorum*) и плеснями хранения *Penicillium* и *Aspergillus* (табл. 4). В контроле 2 оказалась повышенной зараженность фузариями и обнаружился фитопатоген *B. sorokiniana*. Для рода *Fusarium* в межгосударственном стандарте установлен порог зараженности семян в 5%. Зерно с контрольного варианта 2 характеризовалось превышением этого порога в 2,7 раза, а с вари-

антов «Гербициды» и «Гербициды+АФГ-в» – в 2 раза. Превышение зараженности зерна фузариями в эталонном варианте над другими вариантами опыта доказывалось математически на 5%-м уровне значимости. Поэтому можно считать, что применение АФГ-в и баковой смеси гербицидов Тайгера, ЭМВ, Опричника, СЭ и Сарацина, СП несколько улучшило фитосанитарное состояние зерна яровой пшеницы. Это важно с точки зрения продовольственной безопасности, т.к. среди фузариев достаточно много видов-токсикобразователей.

Таблица 4

Фитосанитарное состояние семян яровой пшеницы нового урожая на фоне применения АФГ-в
Phytosanitary status of spring wheat seeds of the new crop against the background of AFG-b

Вариант	Заражённость, %				
	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.	Плесени хранения	<i>Stagonospora nodorum</i>
Гербициды – контроль 1	0	9,9	73	6,7	34
Гербициды + АФГ-в	0	10	90	3,3	34
Контроль 2 – без гербицидов	3,3	13,3	83,3	6,7	32
НСР _{0,05}	4,7	0,2	2,2	0,23	0,21

ВЫВОДЫ

1. Бактериально-гуминовый препарат АФГ-в является перспективным для использования в качестве антистрессанта на яровой пшенице. Входящие в его состав гуминовые и другие вещества, а также штаммы *Bac. subtilis* и *Bac. amyloliquefaciens* нивелируют гербицидный стресс у культуры, что проявляется в снижении выхода электролитов через мембраны клеток. Применение на яровой пшенице Новосибирская 31 одних гербицидов нарушает физиологическое состояние растений.

2. Препарат АФГ-в улучшает фитосанитарную ситуацию в посеве яровой пшеницы по корневой гнили, особенно на корнях и эпикотиле, вследствие конкуренции с возбудителями болезни за экологическую нишу и антагонистического воздействия на фитопатогены в ризосфере.

3. Антистрессовый и ростостимулирующий эффект АФГ-в выразился в увеличении продуктивности растений. Биопрепарат в комплексе с гербицидами в вегетацию 2020 г. обеспечил достоверную прибавку 40,2% зерна яровой пшеницы Новосибирская 31 и повысил его качество, улучшив белковость и содержание клейковины. В условиях 2019 г. АФГ-в повысил урожайность зерна относительно гербицидов примерно на 8% и не повлиял на качество зерна.

4. Применение АФГ-в как антистрессанта не сопровождалось улучшением посевных качеств семян нового урожая и не улучшило его фитосанитарное состояние относительно одних гербицидов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *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.
2. *Ферапонтова С.А., Коробова Л.Н.* Экологическое последствие для микрофлоры почвы интенсивного выращивания лука в однолетней культуре // Вестник НГАУ. – 2015. – № 2. – С. 70–76.
3. *Коробова Л.Н., Шинделов А.В.* Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки // Вестник Алтайского государственного университета. – 2012. – № 8 (94). – С. 51–54.
4. *Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect plant against oxidative stress* / A. Garcia, L. Santos, F. Guridi [et al.] // Ecol. Eng. – 2012. – Vol. 47. – P. 203–208.
5. *Пищик В.Н., Бойцова Л.В., Воробьев Н.И.* Влияние гуминовых веществ на растения и ризосферные микроорганизмы в растительно-микробных системах // Агрохимия. – 2019. – № 3. – С. 85–95.
6. *Коробова Л.Н., Лужных Т.А.* Эффективность применения Цитогумата на семенах яровой пшеницы // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: материалы IV Всерос. конф. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2019. – С. 45–48.
7. *Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture* / L.P. Canellas, F.L. Olivares, N.O. Aguiar [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2015. – Vol. 196. – P. 15–27. – doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013.
8. *The efficiency of application of bacterial and humic preparations to enhance of wheat (Triticum aestivum L.) plant productivity in the arid regions of Egypt* / M. Hafez, A.E. Mohamed, M. Rashad, A.I. Popov // Биологически активные препараты для растениеводства: научное обоснование – рекомендации – практические результаты: материалы XVI междунар. конф. – Минск: БГУ, 2020. – С. 166–168.
9. *Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress* / O. Bezuglova, A. Gorovtsov, E.A. Polienko [et al.] // Journal of Soils and Sediments. – 2019. – Vol. 19, N 5. – P. 2665–2675. – doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z.
10. *Соколов А.А., Виноградов Д.В.* Эффективность гуминового препарата гумми 80 в повышении продуктивности и устойчивости растений ячменя к корневым гнилям // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. – 2016. – Т. 31, № 3. – С. 103–106.
11. *From Lab to Field: Role of Humic Substances Under Open-Field and Greenhouse Conditions as Biostimulant and Biocontrol Agent* / K. Jindo, F. Olivares, D. Malcher [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11, N 426. – P. 1–10. – doi.org/10.3389/fpls.2020.00426.
12. *Leventoglu H., Erdal I.* Effect of high humic substance levels on growth and nutrient concentration of corn under calcareous conditions // J. Plant Nutr. – 2014. – Vol. 37, N 12. – P. 2074–2084. – doi.org/10.1080/01904167.2014.920373.
13. *Действие* бактериально-гумусового препарата на биологическую активность почв / Е.Н. Цыганова, Д.Г. Звягинцев, Л.В. Лысак, А.А. Степанов // Почвоведение. – 2013. – № 7. – С. 867–871.
14. *Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and Bacillus subtilis on lettuce plants by reflectance measurements* / V.N. Pishchik, N.I. Vorobyov, O.S. Walsh [et al.] // J. Plant Nutr. – 2016. – Vol. 39, N 8. – P. 1074–1086. – doi.org/10.1080/01904167.2015.1061551.

15. Коробова Л.Н., Гаврилец Т.В. Применение Бактофита: и прибавка урожая, и оздоровление почвы // Защита и карантин растений. – 2006. – № 4. – С. 47–48.
16. Коробов В.А., Леяк А.И., Леяк А.А. Эффективность препаратов на основе бактерий р. *Bacillus* в борьбе с корневыми гнилями яровой пшеницы // Защита и карантин растений. – 2014. – № 11. – С. 31–32.
17. Оценка стрессоустойчивости сортов зерновых культур кондуктометрическим методом: науч.-метод. рекомендации / Л.Н. Коробова, Т.А. Гурова, Е.А. Голощапова [и др.]– Новосибирск, 2010. – 48 с.

REFERENCES

1. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Shoba V.N., Kolbin S.A., *Zemledelie*, 2015, No. 1, pp. 25–27. (In Russ.)
2. Ferapontova S.A., Korobova L.N., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 2, pp. 70–76. (In Russ.)
3. Korobova L.N., Shindelov A.V., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, No. 8 (94), pp. 51–54. (In Russ.)
4. Garcia A., Santos L., Guridi F., Sperandi M., Castro R., Berbara R., Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect plant against oxidative stress, *Ecol. Eng.*, 2012, Vol. 47, pp. 203–208.
5. Pishchik V.N., Boitcova L.V., Vorobev N.I., *Agrokhimia*, 2019, No. 3, pp. 85–95. (In Russ.)
6. Korobova L.N., Luzhnykh T.A., *Rol agrarnoi nauki v ustoichivom razvitii selskikh territorii* (The role of agricultural science in sustainable development of rural areas), Proceedings of the IV All-Russian Conference, Novosibirsk: ITc «Zolotoi kolos», 2019, pp. 45–48. (In Russ.)
7. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., Piccolo A., Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 2015, Vol. 196, pp. 15–27, doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013.
8. Hafez M., Mohamed A.E., Rashad M., Popov A.I., *Biologicheski aktivnye preparaty dlia rasstnievodstva: nauchnoe obosnovanie – rekomendacii – prakticheskie rezultaty* (Biologically active preparations for crop production: scientific justification-recommendations – practical results), Proceedings of the XVI International Conference, Minsk: BGU, 2020, pp. 166–168.
9. Bezuglova O., Gorovtsov A., Polienko E.A., Zinchenko V., Grinko A., Lykhman V., Dubinina M., Demidov A., Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress, *Journal of Soils and Sediments*, 2019, Vol. 19, No. 5, pp. 2665–2675, doi.org/ 10.1007/s11368-018-02240-z.
10. Sokolov A.A., Vinogradov D.V., *Vestn. Riazan. gos. agrotekhnol. un-ta*, 2016, T. 31, No. 3, pp. 103–106. (In Russ.)
11. Jindo K., Olivares F., Malcher D., Sánchez-Monedero M., Kempenaar C., Canellas L., From Lab to Field: Role of Humic Substances Under Open-Field and Greenhouse Conditions as Biostimulant and Biocontrol Agent, *Frontiers in Plant Science*, 2020, Vol. 11, No. 426, pp. 1–10, doi.org/10.3389/fpls.2020.00426.
12. Leventoglu H., Erdal I., Effect of high humic substance levels on growth and nutrient concentration of corn under calcareous conditions, *J. Plant Nutr.*, 2014, Vol. 37, No. 12, pp. 2074–2084, doi.org/ 10.1080/01904167.2014.920373.
13. Tsyganova E.N., Zviagintcev D.G., Lysak L.V., Stepanov A.A., *Pochvovedenie*, 2013, No. 7, pp. 867–871. (In Russ.)
14. Pishchik V.N., Vorobyov N.I., Walsh O.S., Surin V.G., Khomyakov Y.V., Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measure-

- ments, *J. Plant Nutr.*, 2016, Vol. 39, No. 8, pp. 1074–1086, doi.org/10.1080/01904167.2015.1061551.
15. Korobova L.N., Gavriletc T.V., *Zashchita i karantin rastenii*, 2006, No. 4, pp. 47–48. (In Russ.)
 16. Korobov V.A., Leliak A.I., Leliak A.A., *Zashchita i karantin rastenii*, 2014, No. 11, pp. 31–32. (In Russ.)
 17. Korobova L.N., Gurova T.A., Goloshchapova E.A., Kuzerubova N.S., Lugovskaja O.S., Mineev V.V., *Otценка stressoustoichivosti sortov zernovykh kultur konduktometricheskim metodom: nauch.-metod. Rekomendacii* (Assessment of stress resistance of grain varieties by the conductometric method: scientific method. recommendations), Novosibirsk, 2010, 48 p.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА РАСТЕНИЙ-ДОНОРОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ 2,4-Д НА ЧАСТОТУ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЫЛЬНИКОВ ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО (*HORDEUM VULGARE* L.) В КУЛЬТУРЕ ПЫЛЬНИКОВ IN VITRO

^{1,2}К.И. Попова, младший научный сотрудник, аспирант

^{1,2}Я.С. Скрыбин, младший научный сотрудник, аспирант

¹П.А. Лях, младший научный сотрудник

¹Н.В. Петраш, младший научный сотрудник

¹Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал
ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

E-mail: popova.k.i@mail.ru

Ключевые слова: ячмень обыкновенный, *Hordeum vulgare* L., дигаплоиды, культура пыльников, in vitro, биотехнология, андроклиния, андрогенез, удвоенные гаплоиды

Реферат. Создание дигаплоидных линий сельскохозяйственных растений является трудоемким, но важным этапом получения сортов в современной селекции растений, который позволяет существенно ускорить процесс создания новых сортов ячменя обыкновенного и других сельскохозяйственных культур. Дигаплоиды ячменя получают преимущественно с помощью культуры пыльников и культуры микроспор. Мы отдали предпочтение культуре пыльников in vitro. В настоящем исследовании установлено влияние климатических факторов при выращивании растений-доноров на выход продуктивных пыльников при разных сроках посева и определены более стабильные сорта, которые имели высокий выход продуктивных пыльников вне зависимости от срока посева (Сигнал, Лауреате и Эйфель), а также сорта, которые при первом и третьем сроке посева показали наибольшее количество образования эмбриоподобных структур (Зу Сурен, Зу Заза) и сорта, которые при втором сроке посева имели высокую частоту образования продуктивных пыльников (Ача, Эксплоер). Изучено влияние разной концентрации 2,4-Д в среде N6 на частоту эмбриогенеза и выход продуктивных пыльников. В результате данного исследования нами было установлено, что разная концентрация 2,4-Д (1 мг/л и 2 мг/л) не оказывала достоверно значимого влияния на частоту образования продуктивных пыльников у всех изученных сортов. Изучая способность сортов к эмбриогенезу, установили, что все образцы давали положительный ответ в культуре пыльников, однако сорт Зу Сурен имеет достоверно более низкий выход продуктивных пыльников относительно образцов Сигнал и Ача. В результате корреляционного анализа выявлена тесная связь длины трубки колоса растений-доноров и частоты образования продуктивных пыльников ($r = -0,69$), что связано с развитием оптимальной фазы микроспор для индукции андрогенеза в пыльниках, извлеченных из трубки колоса со средней длиной 6 см. Данная информация может значительно ускорить отбор растений-доноров, однако рекомендуется подтверждать стадию развития микроспор микроскопически для каждого нового используемого сорта.

INFLUENCE OF SOWING DATES OF DONOR PLANTS AND 2,4-D CONCENTRATION ON THE FREQUENCY OF FORMATION OF PRODUCTIVE ANTHERS OF COMMON BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) IN ANTHER CULTURE, IN VITRO

^{1,2} K.I. Popova, Junior Researcher, PhD student

^{1,2} J.S. Skryabin, Junior Researcher, PhD Student

¹ P.A. Lyakh, Junior Researcher

¹ N.V. Petrash, Junior Researcher

¹ Siberian Research Institute of Plant Industry and Breeding, Siberian Branch of ICG,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: common barley, *Hordeum vulgare* L., digaploids, anther culture, in vitro, biotechnology, androcline, androgenesis, doubled haploids

Abstract. *Creating dihaploid lines of agricultural plants is a labour-intensive but essential step in variety production in modern plant breeding. This stage allows significantly accelerate the process of creating new varieties of common barley and other crops. Barley digaploids are produced mainly by anther culture and microspore culture. The authors preferred anther culture in vitro. In the present study, the influence of climatic factors in the cultivation of donor plants on the yield of productive anthers at different sowing dates was established. The authors also identified the more stable cultivars with a high anther production regardless of sowing date (Signal, Laureate and Eifel). Varieties showed the highest number of embryo-like structures formation at the first and third sowing dates (Zu Suren, Zu Zaza); and sorts with a high rate of productive anther formation at the second sowing date (Acha, Exploer) were identified. Different concentrations of 2,4-D in N6 medium on the frequency of embryogenesis and yield of productive anthers were studied. As a result of this study, the authors found that different concentrations of 2,4-D (1 mg/l and two mg/l) had no significant effect on the formation frequency of productive anthers in all the varieties studied. When the embryogenesis capacity of the cultivars was reviewed, all the samples were found to be positive in anther culture. However, the array Zu Suren had a significantly lower effective anthers yield than the samples Signal and Acha. As a result of correlation analysis, the authors found a close relationship between the length of the ear tube of donor plants and the frequency of formation of productive anthers ($r = -0.69$). A close relationship with the development of optimal microspore phase for the induction of androgenesis in anthers extracted from the ear tube with an average length of 6 cm was determined. This information can significantly speed up the selection of donor plants, but it is recommended to confirm the stage of microspore development microscopically for each new cultivar used.*

Ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.) является широко возделываемой зерновой культурой. По производству ячменя в мире лидируют Россия, Канада и США. Более 65% зерна ячменя идёт на кормовые цели, 6–8% – на пивоварение и 15% – на продовольственные нужды [1]. Перспективным направлением является использование ячменя обыкновенного в качестве фиторемедиатора для очистки почв от цинка [2].

Селекционный процесс многих культур, в том числе и ячменя, сопряжён с рядом трудностей, возникающих на фоне совокупности разнообразия природно-климатических условий и требований, предъявляемых к сорту [3]. Биотехнология как метод широко используется в селекции растений. Получение дигаплоидов ячменя в культуре пыльников позволяет значительно ускорить процесс создания новых сортов, обеспечивая исследователей стабильным исходным материалом [4]. Так как

ячмень обыкновенный имеет большой размер генома (> 5,1 гб (гигабазы)), данная технология весьма полезна при исследованиях генетического характера, делая процесс секвенирования и картирования менее трудоёмким [5].

Дигаплоиды – гаплоидные растения, представляющие собой гомозиготные организмы, имеющие двойной набор одинаковых хромосом. Эта особенность дигаплоидных форм позволяет изучить рецессивные признаки, которые обычно не проявляются у гетерозиготных растений [6, 7]. Дигаплоиды ячменя широко используются для поиска молекулярных маркеров и построения генетических карт [8–10]. Метод культивирования изолированных пыльников достаточно прост в освоении и требует минимальных затрат, а также данная технология отличается высокой ценностью, т. к. гомозиготные линии позволяют накапливать в одном генотипе необходимые для селекционера гены от разных родителей (пирамидирование генов) [11, 12]. В конечном счете использование культуры пыльников позволяет значительно ускорить селекцию ячменя обыкновенного и других сельскохозяйственных растений.

Впервые дигаплоид ячменя был получен в 1970 г. в условиях *in vivo* в результате межвидового скрещивания ячменя обыкновенного (*H. vulgare*) и ячменя луковичного (*H. bulbosum*) [13]. В культуре *in vitro* впервые дигаплоид ячменя был получен из пыльников в 1973 г. [14], затем в 1976 г. из семяпочки [15] и в 1991 г. из изолированных микроспор [16].

В настоящий момент дигаплоиды ячменя преимущественно получают с помощью методов *in vitro*: культура пыльников, культура изолированных микроспор, завязей и семяпочек; из методов *in vivo* используют элиминирование хромосом [4, 8].

Для получения дигаплоидов ячменя с помощью культуры пыльников *in vitro* необходимо осуществить три основных этапа: культивирование пыльников на индукционной среде до образования эмбриоподобных структур; выращивание проростков, полученных из эмбриоподобных структур на регенерационной

среде; адаптация и дальнейший рост зеленых проростков в условиях *ex vitro* [11, 17].

На эффективность культивирования пыльников и получения зеленых проростков могут оказывать влияние условия выращивания растений-доноров, методы предобработки пыльников, состав питательной среды на стадии индукции и регенерации, условия культивирования проростков и эмбриоподобных структур. Однако основной вклад в образование зеленых проростков и эмбриоподобных структур, а следовательно, в эффективность метода культивирования пыльников, вносит генотип растения-донора [11, 18, 19].

Основной проблемой культуры пыльников у растений, принадлежащих роду злаковых, является формирование большого количества хлорофилл-дефектных проростков (альбиносов), которые являются нежизнеспособными в условиях *ex vitro* [20–23]. Еще один минус культуры пыльников – образование растений с различной степенью пloidности: ди-, поли-, анеуплоидные и гаплоидные. Последние формы нередко оказываются стерильными, но после обработки проростков колхицином происходит удвоение числа хромосом, в результате чего возникают фертильные гомозиготы [13, 20, 24–26].

Вышеперечисленные проблемы применения гаплоидных технологий связаны с недостаточной изученностью данного метода.

В связи с этим достаточно актуальной считается задача разработки высокопродуктивной технологии получения дигаплоидов ячменя, несущих целевые гены, которые могут быть использованы для осуществления селекционных программ. Для этого необходимо изучить различные факторы и подобрать оптимальные условия для выращивания растений-доноров и культивирования изолированных пыльников для получения большого числа эмбриоподобных структур. В частности, необходимо подобрать оптимальное соотношение гормонов и компонентов регенерационной и индукционной среды.

Цель исследования заключается в изучении особенностей влияния разных сроков посева растений-доноров ячменя обыкновен-

ного, а также различных концентраций 2,4-Д в индукционной среде на образование эмбриоподобных структур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве материала для проведения исследования были использованы 7 сортов ярового ячменя отечественной и иностранной селекции: Сигнал (Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Институт цитологии и генетики СО РАН), Ача (Сибирский НИИ растениеводства и селекции), Лауреате (Syngenta Crop Protection Ag, Швейцария), Эйфель (Secobra Recherches, Франция), Зу Сурен (Saaten-union GMBH), Зу Заза (Saaten-Union GMBH), Эксплоер (Secobra Recherches, Франция). Включенные в работу сорта являются пивоваренными. Материал был любезно предоставлен Е.А. Салиной (Институт цитологии и генетики СО РАН). В работу были включены также гибриды ярового ячменя первого поколения (F_1), полученные от Ю.Н. Григорьева (Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН).

В качестве факторов эксперимента учитывались совокупность условий произрастания, складывавшихся в определенный срок посева, и концентрация гормона 2,4-Д в индукционной среде.

Растения-доноры для отбора пыльников высевали в полевых условиях с учетом требований методики полевого опыта в 2020 г. [27]. Норма высева – 530 шт/м². Ширина междурядий – 15 см. Посев проведен в три срока с периодичностью 15 дней начиная с 18 мая. Площадь делянки – 50 м². Участок размещался на опытном поле СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН, расположенном в условиях центральной лесостепи Приобья на типичной для зоны почве – черноземе выщелоченном среднесуглинистом. Содержание гумуса в слое 0–30 см – 4,4%, общего азота – 0,34, валового фосфора – 0,30%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г по-

чвы соответственно, pH водной вытяжки 6,7–6,8 [28].

Метеорологические условия 2020 г. характеризовались неравномерной тепло- и влагообеспеченностью. В мае отмечали обилие тепла (15,5 °С, норма – 10,9 °С) и влаги (54 мм, норма – 37 мм). Июнь сопровождался недобором тепла (16,6 °С, норма – 16,9 °С) и дефицитом осадков – уровень в 2,3 раза ниже нормы (55 мм). Июль был теплым, количество осадков (85 мм) превышало среднееголетние значения в 1,4 раза. В августе приход тепла и атмосферной влаги был на 2,4 °С и 15 мм соответственно выше нормы (16,2 °С и 67 мм).

Материал отбирали рано утром по достижении микроспорами одноядерной стадии. Колосья помещали в сосуды с дистиллированной водой и выдерживали в холодо-термостате при $t = 4^\circ\text{C}$ в течение 7–17 дней.

Стерилизацию материала проводили 98 %-м этанолом. Пыльники использовали из средней части колоса. В качестве индукционной среды применялась агаризованная среда CHU N6 с различной концентрацией 2,4-Д (1 и 2 мг/л), приготовленная по известной методике [29] с измененным содержанием мальтозы (30 г/л), мио-инозитола (100 мг/л) и добавлением сахарозы (60 г/л).

Культивирование гибридов проводили в среде CHU N6 с составом, описанным выше, но с одним вариантом концентрации 2,4-Д – 1 мг/л. Витамины добавляли после автоклавирования, в стерильных условиях ламинарного бокса. Пыльники культивировали в чашках Петри при температуре 26 °С в темноте.

Эмбриоподобные структуры, достигшие в диаметре 1–2 мм, сначала переносили на регенерационную среду Гамборга (B5) с добавлением сахарозы (30 г/л), кинетина (0,5 мг/л), НУК (0,5 мг/л) и агара (5 г/л), затем на регенерационную среду 190-2, содержащую НУК (0,5 мг/л) и кинетин (0,5 мг/л) с последующим увеличением последнего до 1,5 мг/л при отсутствии регенерации. Культивирование проводилось в климокамере при температуре 22 °С и влажности 70 % при непрерывном освещении [11].

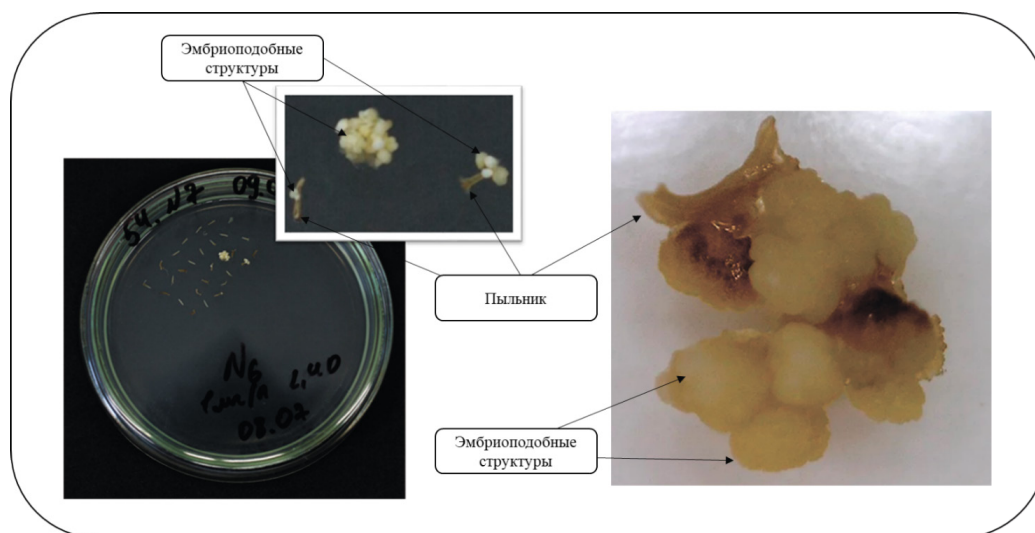


Рис. 1. Эмбриоподобные структуры, образовавшиеся в результате культивирования пыльников ячменя обыкновенного in vitro

Figure 1. Embryo-like structures resulting from the cultivation anthers of *Hordeum vulgare* in vitro

За частоту образования продуктивных пыльников принимается отношение сформировавшихся структур к 100 культивированным пыльникам; частота образования проростков – отношение образовавшихся проростков к числу продуктивных пыльников.

Полученные данные обрабатывали статистически с применением пакета программ Statistica, проводили корреляционный анализ и T-test [30].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На индукционной среде единичные эмбриоподобные структуры начали формироваться к 27-му дню, массовое же их появление отмечалось на 30-й день с начала культивирования пыльников (рис. 1).

В результате эксперимента установлено, что все сорта проявили способность к образованию эмбриоподобных структур в двух вариантах концентрации 2,4-Д в среде. Было выявлено, что изученные дозы 2,4-Д не оказали существенного влияния ни на число продуктивных пыльников, ни на число проростков (таблица).

Сравнительный анализ сортов по способности к андрогенезу показал достоверные различия сорта Зу Сурен с сортами Ача и Сигнал

по частоте образования продуктивных пыльников. Зу Сурен отличался меньшим их количеством. Существенных различий между остальными сортами не установлено.

В целом по опыту была получена достаточно высокая частота эмбриогенеза (от 3,5 % у сорта Зу Сурен до 11,8 у сорта Сигнал).

Была отмечена разница в частоте образования эмбриоструктур при сравнении различных сроков посева донорных растений. Метеорологические условия, формировавшиеся в период развития растений, в существенной степени влияют на выход эмбриоподобных структур. Ранее о наличии такой тенденции указывалось в работах Л.А. Першиной [11].

Сравнение частоты образования продуктивных пыльников при различных сроках посева показало, что образование эмбриоподобных структур идёт неравномерно. Так, сорта Сигнал, Лауреате и Эйфель имели схожий результат вне зависимости от срока посева. Частота образования продуктивных пыльников составила 11,4 % при первом сроке посева, 12,2 – при втором и 10,2 % при третьем. Ача и Эксплоер показали лучшие результаты при втором сроке посева. Зу Сурен, Зу Заза показали лучшую частоту образования продуктивных пыльников при первом и третьем сроках посева (рис. 2).

Влияние различных концентраций 2,4-Д на эффективность андрогенеза ячменя обыкновенного
Effect of different concentrations of 2,4-D on the efficiency of androgenesis of *Hordeum vulgare*

Генотип	Содержание в среде 2,4-Д (мг/л)	Число культивированных пыльников	Продуктивные пыльники		Всего проростков	
			Число	Частота, %	Число	Частота, %
Сигнал	1	354	41	11,6	2	4,9
	2	256	31	12,1	6	19,35
	Всего	610	72	11,8	8	11,1
Ача	1	94	7	7,44	1	14,3
	2	195	11	5,6	1	9,1
	Всего	289	18	6,2	2	11,1
Лауреате	1	382	35	9,2	0	0
	2	524	39	7,4	1	2,6
	Всего	906	74	8,2	1	1,35
Эйфель	1	279	19	6,8	0	0
	2	75	12	16	1	8,3
	Всего	354	31	8,7	1	3,2
Зу Сурен	1	67	2	3	1	50
	2	163	6	3,7	0	0
	Всего	230	8	3,5*	1	12,5
Зу Заза	1	153	17	11,1	7	41,2
	2	255	18	7,1	0	0
	Всего	408	35	8,6	11	31,4
Эксплоер	1	207	17	8,2	3	17,6
	2	271	30	11,1	10	33,3
	Всего	478	47	9,8	13	27,6
F710		143	12	8,39	7	58,33
F714		162	21	12,96	0	0
F728		56	5	8,93	0	0

Примечание. Разница по сравнению с показателями сорта Сигнал и Ача достоверна при $P < 0,05$.

Note. The difference as compared to the values of varieties Signal and Acha is significant at $p < 0,05$

Полученный результат говорит о том, что условия выращивания растений-доноров оказывают большое влияние на выход продуктивных пыльников, при этом некоторые генотипы (Сигнал, Лауреате и Эйфель) являются более стабильными в изменяющихся условиях развития растений. Низкий выход продуктивных пыльников у сортов Зу Сурен и Зу Заза при втором сроке посева можно связать с неблагоприятными гидротермическими условиями июня, на который пришлось большая часть фаз развития растений.

При сравнении гибридной популяции была установлена обратная корреляция расстояния от верхнего междоузлия до влагалища флагового листа (трубки колоса) с частотой образования продуктивных пыльников

($r = -0,69$), что обусловлено тем, что колосья, находящиеся в трубке определенной длины (от 4 до 8 см), проходят необходимый для индукции эмбриогенеза этап – однадерную стадию развития микроспор в пыльниках (рис. 3).

Установленная закономерность может быть использована для ускорения отбора растений-доноров, однако данная тенденция может сильно отличаться от установленной в различных условиях выращивания и сильно зависит от генотипа. Для большей точности рекомендуется подтверждать стадию развития микроспор микроскопически.

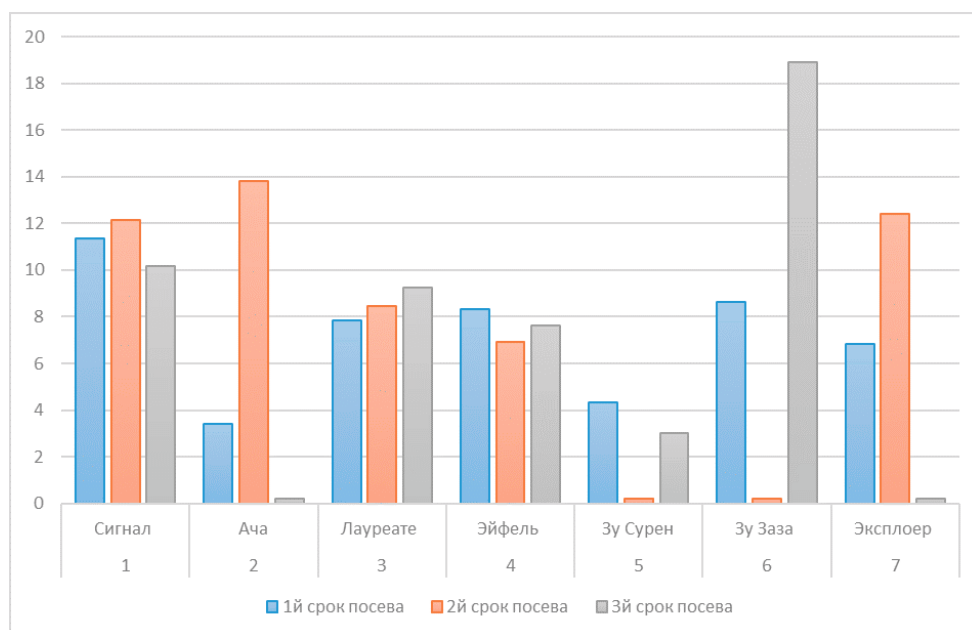


Рис. 2. Влияние сроков посева на частоту образования продуктивных пыльников ячменя обыкновенного
Figure 2. Effect of sowing dates on the rate of formation of productive anthers of *Hordeum vulgare*

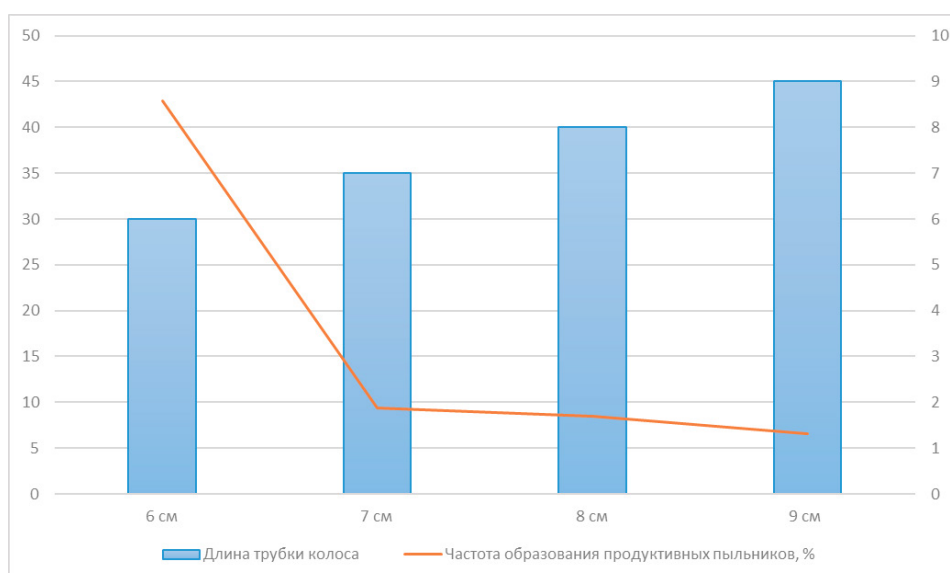


Рис. 3. Взаимосвязь длины трубки колоса и частоты образования продуктивных пыльников у гибридов F710, F714, F728 ячменя обыкновенного
Figure 3. Relationship between ear tube length and rate of producing productive anthers in *Hordeum vulgare* hybrids F710, F714, F728.

ВЫВОДЫ

1. На выход эмбриоподобных структур оказывают влияние факторы окружающей среды, воздействующие на растения-доноры при выращивании.

2. Не установлено достоверных различий между концентрациями 2,4-Д 1 и 2 мг/л по числу продуктивных пыльников и проростков.

3. Все изученные сорта проявляли способность к эмбриогенезу, однако с различной интенсивностью, что говорит о доле влияния генотипа на андрогенез.

4. Сорт Зу Сурен имел достоверно меньше продуктивных пыльников по сравнению с сортами Ача и Сигнал.

5. Обнаружена корреляция между длиной трубки колоса и продуктивностью андрогенеза у гибридов F_1 ячменя, что указывает на то, что данный показатель может

быть использован в качестве ориентира для установления стадии микроспор при отборе образцов с растений-доноров.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № АААА-А19-119101790002-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Современные проблемы в селекции ячменя по качеству зерна* / М.М. Копусь, Е.Г. Филиппов, Н.Г. Игнатьева, Н.А. Матвиевская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 3(3). – С. 43–46.
2. *Неведров Н.П., Проценко Е.П., Кузнецов А.Е.* Использование ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* (L.) в целях фиторемедиации // Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. – 2012. – № 1. – С. 115–119.
3. *Аниськов Н.И.* Селекция ячменя в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 1. – С. 24–26.
4. *In Vivo Haploid Production in Crop Plants: Methods and Challenges* / A. Watts [et al.] // Plant Molecular Biology Reporter. – 2018. – N 36. – P. 685–694.
5. *Bennett M.D., Smith J.B.* Nuclear DNA amounts in angiosperms // Nature. – 1976. – N 491. – P. 711–716.
6. *In vitro androgenesis of wheat: from fundamental to practical application* / B. Barnabas [et al.] // Euphytica. – 2001. – Vol. 119. – P. 211–216.
7. *Сибикеева Ю.Е., Сибикеев С.Н., Крупнов В.А.* Влияние Lr19-транслокации на андрогенез in vitro и наследование устойчивости к листовой ржавчине в популяциях DH3-линий и F2 гибридов мягкой пшеницы // Генетика. – 2004. – Т. 40, № 9. – С. 1224–1228.
8. *Удвоенные гаплоиды ячменя и их использование в генетико-селекционных исследованиях* / Я.В. Мишуткина [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.
9. *Devaux P., Kilian A., Kleinhofs A.* Comparative mapping of the barley genome with male and female recombination-derived, doubled haploid populations // Mol. Gen. Genet. – 1995. – Vol. 49. – P. 600–608.
10. *Genetic markers for doubled haploid response in barley* / X. Chen [et al.] // Euphytica. – 2007. – Vol. 158. – P. 287–294.
11. *Изучение особенностей андрогенеза в культуре пыльников сортов и перспективной формы яровой мягкой пшеницы западносибирской селекции, различающихся наличием или отсутствием пшенично-чужеродных транслокаций* / Л.А. Першина [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 40–49.
12. *Toward a theory of marker-assisted pyramiding* / B. Servin [et al.] // Genetics. – 2004. – Vol. 168. – P. 513–523.
13. *Kasha K.J., Kao K.N.* High frequency haploid production in barley (*H. vulgare* L.) // Nature. – 1970. – Vol. 225. – P. 874–876.
14. *Clapham D.* Haploid *Hordeum* plants from anthers in vitro // Pflanzenzücht. – 1973. – Vol. 69. – P. 142–155.
15. *San Noeum L.H.* Haploïdes *Hordeum vulgare* L par culture in vitro d'ovaires non fecondés // Ann Amélior Plant. – 1976. – Vol. 26. – P. 751–783.
16. *Culture conditions for induction of green plants from barley microspores by anther culture methods* / K.N. Kao [et al.] // Plant Cell Reports. – 1991. – Vol. 9. – P. 595–601.
17. *Henry Y., Buyser J.* Effect of the 1B/1R translocation on anther-culture ability in wheat // Plant Cell Rep. – 1985. – Vol. 4. – P. 307–310.
18. *Anther culture response of F1 durum × bread wheat hybrids after colchicines* / M. Tersì [et al.] // Plant Breed. – 2006. – Vol. 125. – P. 457–460.

19. *Aneuploidy* among androgenic progeny of hexaploid triticales ($\times$ Triticisecale Wittmack) / S. Oleszczuk [et al.] // *Plant Cell Rep.* – 2011. – Vol. 30. – P. 575–586.
20. Devaux P., Kasha K.J. Overview of barley Doubled Haploid Production // *Advances in Haploid Production in Higher Plants.* – 2009. – Vol. 3. – P. 47–63.
21. *Doubled* haploid in crop plants: a manual / M. Maluszynski [et al.] // Kluwer Academic Publishers. – 2003. – Vol. 1. – P. 1–4.
22. Szarejko I., Kasha K.J. Induction of anther culture derived doubled haploids in barley // *Cereal Res Commun.* – 1991. – Vol. 19. – P. 219–237.
23. *Progress* in doubled haploid technology in higher plants / M. Wedzony [et al.] // *Advances in haploid production in higher plants.* – 2009. – Chapter 1. – P.1–33.
24. *Culture* conditions for induction of green plants from barley microspores by anther culture methods / K.N. Kao [et al.] // *Plant Cell Reports.* – 1991. – Vol. 9. – P. 595–601.
25. Kasha K.J. Chromosome doubling and recovery of doubled haploid plants // *Haploids in crop improvement II* // Springer, Heidelberg. – 2005. – Vol. 20. – P. 123–152.
26. Kasha K.J. Chromosome doubling of barley haploids by nitrous oxide and colchicine treatments // *Can. J. Genet. Cytology.* – 1975. – Vol. 17. – P. 573–583.
27. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агрохимиздат, 1985. – 351 с.
28. Ресурсоэнергосберегающие технологии возделывания яровой пшеницы в Новосибирской области: метод. пособие / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2000. – 48 с.
29. Ohnoutkova L., Vlcko T., Mentewab A. Barley anther culture // *Methods and Protocols* / W.A. Harwood., Ed. – Springer Science & Business Media: New York. USA, 2019. – P. 37–52.
30. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 294 с.

REFERENCES

1. Kopus' M.M., Filippov E.G., Ignat'eva N.G., Matvievskaia N.A., *Izvestiya orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2004, No. 3(3), pp. 43–46. (In Russ.)
2. Nevedrov N.P., Protsenko E.P., Kuznetsov A.E., *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty estestvennykh i matematicheskikh nauk*, 2012, No. 1, pp. 115–119. (In Russ.)
3. Anis'kov N.I., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2009, No. 1, pp. 24–26. (In Russ.)
4. Watts A. et al., In Vivo Haploid Production in Crop Plants: Methods and Challenges, *Plant Molecular Biology Reporter*, 2018, No. 36, pp. 685–694.
5. Bennett M.D., Smith J.B., Nuclear DNA amounts in angiosperms, *Nature*, 1976, No. 491, pp. 711–716.
6. Barnabas B. et al., In vitro androgenesis of wheat: from fundamental to practical application, *Euphytica*, 2001, Vol. 119, pp. 211–216.
7. Sibikeeva Yu.E., Sibikeev S.N., Krupnov V.A., *Genetika*, 2004, Vol. 40, No. 9, pp. 1224–1228. (In Russ.)
8. Mishutkina Ya.V., Neskorodov Ya.B., Novokreshchenova M.G., Malakho S.G., Turaev A.M., *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, No. 5. (In Russ.)
9. Devaux P., Kilian A., Kleinhofs A., Comparative mapping of the barley genome with male and female recombination-derived, doubled haploid populations, *Mol. Gen. Genet.*, 1995, Vol. 49, pp. 600–608.
10. Chen X. et al., Genetic markers for doubled haploid response in barley, *Euphytica* 2007, Vol. 158, pp. 287–294.
11. Pershina L.A., Osadchaya T.S., Badaeva E.D., Belan I.A., Rosseeva L.P., *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2013, Vol. 17, No. 1, pp. 40–49. (In Russ.)

12. Servin B. et al., Toward a theory of marker-assisted pyramiding, *Genetics*, 2004, Vol. 168, pp. 513–523.
13. Kasha K. J., Kao K.N., High frequency haploid production in barley (*H. vulgare* L.), *Nature*, 1970, Vol. 225, P. 874–876.
14. Clapham D., Haploid *Hordeum* plants from anthers in vitro, *Pflanzenzücht*, 1973, Vol. 69, pp. 142–155.
15. San Noeum L.H., Haploïdes *Hordeum vulgare* L par culture in vitro d'ovaires non fecondés, *Ann Amélior Plant*, 1976, Vol. 26, pp. 751–783.
16. Kao K.N. et al., Culture conditions for induction of green plants from barley microspores by anther culture methods, *Plant Cell Reports*, 1991, Vol. 9, pp. 595–601.
17. Henry Y., Buyser J., Effect of the 1B/1R translocation on anther-culture ability in wheat, *Plant Cell Rep.*, 1985, Vol. 4, pp. 307–310.
18. Tersì M., et al., Anther culture response of F1 durum × bread wheat hybrids after colchicines, *Plant Breed*, 2006, Vol. 125, pp. 457–460.
19. Oleszczuk S., et al., Aneuploidy among androgenic progeny of hexaploid triticales (× *Triticisecale* Wittmack), *Plant Cell Rep.*, 2011, Vol. 30, pp. 575–586.
20. Devaux P., Kasha K. J., Overview of barley Doubled Haploid Production, *Advances in Haploid Production in Higher Plants*, 2009, Vol. 3, pp. 47–63.
21. Maluszynski M., et al., Doubled haploid in crop plants: a manual, *Kluwe Academic Publishers*, 2003, Vol. 1, pp. 1-4.
22. Szarejko I., Kasha K.J., Induction of anther culture derived doubled haploids in barley, *Cereal Res Commun*, 1991, Vol. 19, pp. 219–237.
23. Wedzony M., et al., Progress in doubled haploid technology in higher plants, *Advances in haploid production in higher plants*, 2009, Chapter 1, pp. 1– 33.
24. Kao K.N., et al., Culture conditions for induction of green plants from barley microspores by anther culture methods, *Plant Cell Reports*, 1991, Vol. 9, pp. 595–601.
25. Kasha K.J., Chromosome doubling and recovery of doubled haploid plants, *Haploids in crop improvement II*, Springer, Heidelberg, 2005, Vol. 20, pp. 123–152.
26. Kasha K.J., Chromosome doubling of barley haploids by nitrous oxide and colchicine treatments, *Can J Genet Cytology*, 1975, Vol. 17, pp. 573–583
27. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment technique), Moscow: Agrokhimizdat, 1985, 351 p.
28. *Resursoenergoberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy v Novosibirskoi oblasti* (Resource-saving technologies of spring wheat cultivation in the Novosibirsk region), Novosibirsk: Sib. otd-nie SibNII ZKhim, 2000, 48 p.
29. Ohnoutkova L., Vlcko T., Mentewab A., Barley anther culture, *Methods and Protocols*, W.A. Harwood, Ed., Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, 2019, pp. 37–52.
30. Lakin G.F., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vyssh. shk., 1980, 294 p.

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЕЖИ СБОРНОЙ В УСЛОВИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

О.М. Скалозуб, кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник

Н.Л. Клочкова, младший научный сотрудник

Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия
E-mail: olga.skalozub@mail.ru

Ключевые слова: ежа сборная, селекция, урожайность зеленой массы, семена, зимостойкость

Реферат. *Ежа сборная – верховой рыхлокустовый многолетний злак, наиболее теневыносливый из широко распространенных злаковых трав. Низкая зимостойкость является препятствием для широкого использования ежи сборной в качестве лугопастбищной культуры, а также сдерживающим фактором районирования сортов в Приморском крае. Создание высокозимостойких интенсивных сортов ежи сборной является актуальным направлением селекционной работы. Цель исследований – изучить перспективный исходный материал ежи сборной для дальнейшего использования в создании новых зимостойких, высокопродуктивных сортов. В результате изучения коллекции ежи сборной за период 2018–2020 гг. в условиях Приморского края выявлены сортообразцы для создания сортов интенсивного типа. Полного развития и наибольшей урожайности растения ежи сборной достигают на третий год жизни. По урожайности зеленой массы в сумме за два года пользования ряд образцов ежи сборной превышают стандарт на 29–34 %. Это сортообразцы 41821 Дикорастущая (Норвегия), 40280 Дикорастущая (Алтай) и Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ). По урожайности семян в сумме за два года пользования выделились сортообразцы Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ), Дикорастущая (Приморская местная) и 32028 Дикорастущая (Архангельская область), превзошедшие стандарт на 113–153 %. В условиях края зимостойкость растений в первую зиму является лимитирующим фактором для ежи сборной. Выявленные различия по зимостойкости растений позволяют использовать лучшие из них в селекции. В коллекционном питомнике ежи сборной это сортообразцы, имевшие 100 % перезимовавших растений в первую зиму после посева: 48113 Аукштуоле (Литва), 41821 Дикорастущая (Норвегия), 40896 Дикорастущая (Казахстан), Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ), Дикорастущая (Приморский край).*

EVALUATION OF SOURCE MATERIAL FOR SELECTION OF DACTYLIS GLOMERATA IN PRIMORSKY REGION CONDITIONS

O.M. Skalozub, PhD in Agricultural Sciences, Researcher

N.L. Klochkova, Junior Researcher

A.K. Chaika, Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Far East, Ussuriysk, Russia

Keywords: *Dactylis glomerata*, breeding, green mass yield, seeds, winter hardiness

Abstract. *Dactylis glomerata is an upland loose-flattened perennial herb, the most shade-tolerant of the common grasses. Low winter hardiness is an obstacle to the wide use of Dactylis glomerata as a grassland crop and a limiting factor for the release of varieties in the Primorsky Region. The development of highly winter-hardy intensive types of dwarf Dactylis glomerata is an important area of breeding work. The study aims to study promising source material of Dactylis glomerata for further use in creating new winter-hardy, high-yielding varieties. The authors have identified types for the*

yield of intensive varieties by studying the collection of Dactylis glomerata for the period 2018-2020 in the conditions of the Primorsky Region. The Dactylis glomerata plants reach full development and the highest yields in the third year of life. In terms of green matter yields in the two years of use, several Dactylis glomerata exceed the standard by 29-34%. These are variety samples 41821 Wild (Norway), 40280 Wild (Altai), and Sverdlovchanka 86 (Ural Agricultural Research Institute). The varieties Sverdlovchanka 86 (Urals Agricultural Research Institute), Dikorastushchaya (Primorskaya local) and 32028 Dikorastushchaya (Arkhangelskaya region) were distinguished by seed yield in the two years of use, having exceeded the standard by 113-153%. The winter hardiness of plants in the first winter is a limiting factor for Dactylis glomerata in Primorsky Krai conditions. The identified differences in the winter hardiness of plants allow the best of them to be used in selection. In the collection nursery of Dactylis glomerata, a variety of varieties with 100% winter hardiness of plants in the first winter after sowing were: 48113 Aukstuole (Lithuania), 41821 Wild (Norway), 40896 Wild (Kazakhstan), Sverdlovchanka 86 (Agricultural Research Institute), Wild (Primorsky Region).

Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) – верховой рыхлокустовый многолетний злак, наиболее теневыносливый из широко распространенных злаковых трав [1]. На данный момент селекция ежи сборной направлена на выведение зимостойких, продуктивных сортов для многоукосного и пастбищного использования, а также для залужения тенистых мест в парках и садах. Основной прием зональной селекции – это использование в качестве исходного материала дикорастущих популяций, а также приспособившихся к местным условиям давно возделываемых в регионе сортов [2, 3]. Данное утверждение подтверждают исследования, проведенные учеными в разных регионах страны [4–6].

Ежа сборная по зимостойкости уступает тимopheевке и овсянице. По мнению ряда авторов, невысокая зимостойкость ежи сборной объясняется неглубоким залеганием узла кущения от поверхности почвы [7, 8].

Исследования, проведенные А.А. Hanson, Н.Л. Carnahan [9] и Н.К. Schultz [10] показали, что отобранные по зимостойкости растения ежи сборной обладают склонностью давать зимостойкое инбредное потомство.

В условиях Приморского края в 2011–2014 гг. проводилось изучение 49 сортов ежи сборной в коллекционном питомнике [11]. В результате исследований был выделен перспективный исходный материал, который используется в селекционной работе [12].

Низкая зимостойкость является препятствием для широкого использования ежи

сборной в качестве лугопастбищной культуры [13, 14], а также сдерживающим фактором районирования сортов в крае [11, 15].

Таким образом, создание высокозимостойких интенсивных сортов ежи сборной является актуальным направлением селекционной работы.

Цель исследований – изучить перспективный исходный материал ежи сборной для дальнейшего использования в создании новых зимостойких, высокопродуктивных сортов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Коллекционный питомник посеян в 2018 г. на полях селекционного севооборота отдела кормопроизводства ФГБНУ «ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Почвы – лугово-бурые отбеленные тяжелого гранулометрического состава.

В коллекционном питомнике изучали 55 сортов ежи сборной. Опыт закладывался с учетной площадью 1,8 м², включающей два рядка. С одного рядка проводили учет урожайности зеленой массы в фазу выметывания, со второго – урожайности семян. Стандартом являлся сорт Моршанская 143.

Уход за посевами состоял из следующих приемов: весеннее внесение удобрений, прополка питомника.

Исследования проводились по методикам ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Методика селекции многолетних трав, 1969; Методические указания по селекции и пер-

вичному семеноводству многолетних трав, 1993). Множественная корреляция (R) рассчитана по Б.А. Доспехову (2014) с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Весеннее отрастание в коллекционном питомнике ежи сборной второго года жизни у стандарта было отмечено 24 апреля. Период от весеннего отрастания до созревания семян, у стандарта составил 83 сут, колебания по коллекции – 7 сут. На уровне стандарта или близко к нему этот период был отмечен у 33 сортообразцов.

В коллекционном питомнике ежи сборной третьего года жизни период от весеннего отрастания до созревания семян у стандарта составил 72 сут, колебания по коллекции – 6 сут (табл. 1).

На уровне стандарта или близко к нему этот период был отмечен у сортообразцов 44019 Zeikund (Норвегия) и Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ) (72–73 сут). Более продолжительным (на 6 сут) дан-

ный период был у сортов Былина (Томская обл.), 27863 Ленинградская 85 (Северо-Западный НИИСХ) и 49738 Дикорастущая (Кемеровская обл.).

В коллекционном питомнике ежи сборной второго года жизни период от отрастания до первого укоса на зеленую массу у стандарта был равен 48 сут, а второго укоса выделившиеся сортообразцы не достигли. На третий год жизни коллекции период от отрастания до первого укоса у стандарта был равен 46 сут, от первого до второго укоса – 37 сут. У выделившихся сортообразцов по длительности периодов от отрастания до первого укоса и от первого до второго укоса колебания составляли 1–2 сут.

Высота растений является одним из важных признаков, определяющих продуктивность. У ежи сборной в коллекционном питомнике высота растений учитывалась в фазу выметывания по ярусам: генеративный и вегетативный. На второй год жизни ежи сборной в коллекционном питомнике укосной спелости достигли только 10 сортообразцов (табл. 2).

Таблица 1

Фенологические наблюдения сортов ежи сборной в коллекционном питомнике третьего года жизни, 2020 г.
Phenological observations of *Dactylis glomerata* varieties in the collection nursery of the third year of life, 2020

Номер по каталогу	Образец, происхождение	Дата				Период вегетации, сут
		начала весеннего отрастания	выхода в трубку	начала цветения	созревания	
Стандарт	Моршанская 143	27.04	6.06	17.06	7.07	72
27863	Ленинградская 85(Северо-Западный НИИСХ)	27.04	9.06	22.06	13.07	78
	Вика 61 (Московская обл.)	27.04	4.06	17.06	10.07	75
44019	Zeikund (Норвегия)	27.04	5.06	19.06	7.07	72
47268	Нака (Финляндия)	27.04	5.06	18.06	9.07	74
48113	Аукштуоле (Литва)	27.04	9.06	22.06	10.07	75
	Былина (Томская обл.)	27.04	9.06	22.06	13.07	78
52614	Бейро (Калининградская обл.)	27.04	4.06	17.06	9.07	74
40280	Дикорастущая (Алтай)	27.04	5.06	19.06	9.07	74
40276	Дикорастущая (Алтайская обл.)	27.04	6.06	19.06	10.07	75
49738	Дикорастущая (Кемеровская обл.)	27.04	5.06	22.06	13.07	78
	Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ)	27.04	6.06	22.06	8.07	73

Таблица 2

Высота растений образцов ежи сборной в фазу выметывания в коллекционном питомнике, 2019–2020 г.
Plant height of *Dactylis glomerata* specimens in the hatching phase in the collection nursery, 2019–2020

Номер по каталогу	Образец, происхождение	Год	Генеративные побеги		Удлиненные вегетативные побеги	
			1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
Стандарт	Моршанская 143	2019	64	-	42	-
		2020	105	60	91	28
27863	Ленинградская 85 (Северо-Западный НИИСХ)	2020	97	85	90	32
	Вика 61 (Московская обл.)	2020	102	85	85	32
48113	Аукштуоле (Литва)	2019	66	-	60	-
		2020	89	100	77	37
32028	Дикорастущая (Архангельская обл.)	2020	83	83	75	32
44019	Zeikund (Норвегия)	2020	106	70	85	31
47268	Нака (Финляндия)	2020	100	77	71	36
41821	Дикорастущая (Норвегия)	2019	60	-	52	-
		2020	92	81	69	30
44021	Дикорастущая (Норвегия)	2020	93	72	68	28
47277	Дикорастущая (Челябинская обл.)	2019	60	-	53	-
		2020	96	83	77	35
41394	Анхенковская 18	2019	59	-	44	-
		2020	97	73	73	31
46893	Нарымская 3 (Томская обл.)	2020	90	74	49	30
19019	Дикорастущая (Республика Алтай)	2020	82	99	63	30
40280	Дикорастущая (Алтай)	2019	61	-	51	-
		2020	98	94	74	35
40896	Дикорастущая (Казахстан)	2019	66	-	57	-
		2020	95	95	75	34
49738	Дикорастущая (Кемеровская обл.)	2019	77	-	55	-
		2020	98	82	98	38
	Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ)	2019	68	-	53	-
		2020	91	101	81	38
	Дикорастущая (Приморский край)	2019	78	-	54	-
		2020	89	86	57	28

При этом высота удлиненных вегетативных и генеративных побегов у стандарта составила 42 и 64 см, а у сортообразцов 49738 Дикорастущая (Кемеровская обл.) и Дикорастущая (Приморский край) генеративные побеги были выше на 13 и 14 см, чем у стандарта. Короткими генеративные побеги (59 см) были у сортообразца 41394 Анхенковская 18. Удлиненные вегетативные побеги у сортов, достигших укосной спелости, были выше на 9–18 см, чем у стандарта.

На третий год жизни ежи сборной в коллекционном питомнике перед первым

укосом высота удлиненных вегетативных и генеративных побегов у стандарта составила 91 и 105 см, при этом у сортообразца 44019 Zeikund (Норвегия) генеративные побеги были выше на 1 см, чем у стандарта. Короткими (82–83 см) генеративные побеги были у сортообразцов 19019 Дикорастущая (Республика Алтай) и 32028 Дикорастущая (Архангельская обл.), а удлиненные вегетативные побеги у образцов 47268 Нака (Финляндия), 44021 Дикорастущая (Норвегия), 41394 Анхенковская 18 и 46893

Нарымская 3 (Томская обл.) были ниже на 17–20 см, чем у стандарта.

Перед вторым укосом высота удлиненных вегетативных и генеративных побегов у выделенных образцов, была больше на 2–10 и 10–41 см.

Множественный корреляционный анализ урожайности зеленой массы ежи сборной и высоты генеративных и вегетативных удлиненных побегов перед укосами показал, что

перед первым укосом между этими признаками достоверно прямая сильная связь – на второй год жизни $R = 0,74$, на третий – $R = 0,79$, тогда как перед вторым укосом связь между этими признаками была средняя $R = 0,61$. Таким образом, высота растений ежи сборной перед вторым укосом не всегда может служить косвенным показателем урожайности того или иного образца.

Таблица 3

Урожайность зеленой массы образцов ежи сборной в коллекционном питомнике, 2019–2020 гг.

The yield of green mass of collection nursery *Dactylis glomerata* specimens, 2019–2020

Номер по каталогу	Образец, происхождение	Год	Урожайность зеленой массы, кг/м ²			К стандарту, %
			1-й укос	2-й укос	сумма	
Стандарт	Моршанская 143	2019	0,56	-	0,56	100
		2020	2,61	0,65	3,26	100
27863	Ленинградская 85 (Северо-Западный НИИСХ)	2020	2,08	1,09	3,17	97,2
	Вика 61 (Московская обл.)	2020	1,97	1,37	3,34	102
48113	Аукштуоле (Литва)	2019	0,70	-	0,70	125
		2020	2,58	1,16	3,74	115
32028	Дикорастущая (Архангельская обл.)	2020	2,31	0,83	3,16	97
44019	Zeikund (Норвегия)	2020	3,20	0,81	3,98	122
47268	Нака (Финляндия)	2020	3,66	0,78	4,44	136
41821	Дикорастущая (Норвегия)	2019	0,68	-	0,68	121
		2020	3,53	0,71	4,23	130
44021	Дикорастущая (Норвегия)	2020	3,07	0,80	3,87	119
47277	Дикорастущая (Челябинская обл.)	2019	0,63	-	0,63	112
		2020	2,60	0,75	3,35	103
41394	Анхенковская 18	2019	0,37	-	0,37	66
		2020	3,33	0,74	4,07	125
46893	Нарымская 3 (Томская обл.)	2020	2,36	1,17	3,53	108
19019	Дикорастущая (Республика Алтай)	2020	2,00	1,09	3,09	95
40280	Дикорастущая (Алтай)	2019	0,57	-	0,57	102
		2020	2,49	2,02	4,51	138
40896	Дикорастущая (Казахстан)	2019	0,68	-	0,68	121
		2020	2,15	1,06	3,21	98
49738	Дикорастущая (Кемеровская обл.)	2019	0,63	-	0,63	112
		2020	2,43	0,78	3,21	98
	Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ)	2019	0,53	-	0,53	95
		2020	3,14	1,45	4,59	141
	Дикорастущая (Приморский край)	2019	1,05	-	1,05	187
		2020	2,17	0,81	2,98	91

В коллекционном питомнике ежи сборной второго года жизни выделившиеся сортообразцы сформировали урожайность зеленой массы, позволившую произвести лишь один укос, из них максимальную урожайность зеленой массы (выше на 87 %, чем стандарт) показал образец Дикорастущая (Приморский край).

Наибольшую урожайность зеленой массы ежи сборной выделившиеся сортообразцы сформировали на третий год жизни. К первому укосу урожайность зеленой массы составила от 55 до 83 % от суммы за два укоса (табл 3).

У стандарта в первом укосе было получено до 80 % зеленой массы от суммы урожая.

Больше на 2–3 % была урожайность зеленой массы в первом укосе у сортообразцов 47268 Нака (Финляндия), 41394 Анхенковская 18 и 44021 Дикорастущая (Норвегия). Сортообразцы Вика 61 (Московская обл.) и 40280 Дикорастущая (Алтай) во втором укосе сформировали от 41 до 45 % от всего урожая зеленой массы.

Максимальная урожайность зеленой массы в сумме за два укоса получена у сортообразца Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ) – выше на 41 %, чем у стандарта.

В табл. 4 представлена урожайность семян выделившихся сортообразцов ежи сборной, полученных в коллекционном питомнике.

Таблица 4

Урожайность семян сортообразцов ежи сборной в коллекционном питомнике, 2019–2020 гг.

Seed yield of collection nursery *Dactylis glomerata* varieties, 2019–2020

Номер по каталогу	Образец, происхождение	Урожайность семян, г/м ²		К стандарту, %	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Стандарт	Моршанская 143	22,70	18,21	100	100
48113	Аукштуоле (Литва)	43,36	25,51	191	140
32028	Дикорастущая (Архангельская обл.)	37,80	65,56	166	360
44019	Zeikund (Норвегия)	15,90	45,07	70	247
41821	Дикорастущая (Норвегия)	21,43	52,35	94	287
44021	Дикорастущая (Норвегия)	21,69	41,47	95	227
46893	Нарымская 3 (Томская обл.)	19,81	50,35	87	276
39078	Дикорастущая (Новосибирская обл.)	7,75	41,01	34	225
39697	Дикорастущая (Томская обл.)	17,58	41,23	77	226
40896	Дикорастущая (Казахстан)	24,20	39,98	106	219
	Дикорастущая (Приморская местная)	35,40	61,91	156	340
	Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ)	21,68	65,63	95	360

Максимальная урожайность семян (более 60 г/м²) получена в коллекционном питомнике ежи сборной третьего года жизни у трех сортообразцов: Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ), Дикорастущая (Приморская местная) и 32028 Дикорастущая (Архангельская обл.), превышение над стандартом составило 240–260 %.

Наблюдения за перезимовкой растений образцов коллекции ежи сборной проводились на втором и третьем году жизни. Исследованиями установлено, что различия между образцами по зимостойкости отме-

чаются в первую зиму после посева: 100 % сохранившихся растений ежи сборной отмечено только у 10 сортообразцов, в том числе у стандарта. В дальнейшем (вторая зима после посева) все сортообразцы перезимовали одинаково хорошо, сохранность растений составила от 90 до 100%.

ВЫВОДЫ

1. Полного развития и наибольшей урожайности растения ежи сборной достигают на третий год жизни. По урожайности зе-

ленной массы в сумме за два года пользования ряд образцов ежи сборной превышают стандарт на 29–34 %: 41821 Дикорастущая (Норвегия), 40280 Дикорастущая (Алтай) и Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ). По урожайности семян в сумме за два года пользования выделились сортообразцы Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ), Дикорастущая (Приморская местная) и 32028 Дикорастущая (Архангельская обл.), превзошедшие стандарт на 113–153 %. Эти же сортообразцы на третий год жизни сформировали максимальную урожайность семян (более 60 г/м²), превысившую стандарт на 240–260 %.

2. В условиях Приморского края зимостойкость растений в первую зиму является лимитирующим фактором для ежи сборной. Выявленные различия по зимостойкости растений позволяют использовать лучшие из них в селекции. В коллекционном питомнике ежи сборной это сортообразцы, имевшие 100 % перезимовавших растений в первую зиму после посева: 48113 Аукштуоле (Литва), 41821 Дикорастущая (Норвегия), 40896 Дикорастущая (Казахстан), Свердловчанка 86 (Уральский НИИСХ), Дикорастущая (Приморский край).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скоблин Г.С. Ежа сборная. – М.: Колос, 1983. – 101 с.
2. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) / С.И. Костенко, Г.Ф. Кулешов, В.С. Клочкова, Н.Ю. Костенко // Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, 2015. – Разд. 2.5. – С. 187–190.
3. Доева А.Д. Экологический метод в селекции клевера сходного по основным морфологическим, биологическим и хозяйственно ценным признакам // Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового: Результаты 25-летних исследований творческого объединения ТОС «Клевер». – М.: Эльф ИПР, 2012. – С. 117–118.
4. Тулинов А.Г., Косолапова Т.В. Продуктивность образцов ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в условиях севера // Кормопроизводство. – 2018. – № 11. – С. 32–35.
5. Бутовский Б.С. Дикие и одичавшие кормовые растения Сахалина и Курильских островов. – Л.: Наука, 1970. – 128 с.
6. Шамсутдинов З.Ш. Биогеоценотический подход – новая парадигма в селекционной стратегии кормовых растений (вместо заключения) // Основные виды и сорта кормовых культур. – М.: Наука, 2015. – С. 502–516.
7. Новоселова А.С., Константинова А.М., Кулешов Г.Ф. Селекция и семеноводство многолетних трав. – М.: Колос, 1978. – 303 с.
8. Уразова Л.Д., Литвинчук О.В. Зимостойкость ежи сборной в экстремальных условиях таежной зоны // Научная жизнь. – 2018. – № 10. – С. 64–75.
9. Hanson A.A., Carnahan H.L. Breeding perennial forage grasses. – Washington, D.C.: Agricultural Research Service, 1956. – 121 p.
10. Schultz H.K. A study of methods of breeding orchard grass, *Dactylis glomerata* L. // Amer. Soc. Agron. J. – 1941. – N 33. – P. 546–558.
11. Наумова Т.В., Емельянов А.Н. Результаты оценки коллекционных образцов ежи сборной в условиях Приморского края // Вестник Алтайского ГАУ. – 2015. – № 8 (130). – С. 22–27.
12. Клочкова Н.Л., Теличко О.Н., Скалозуб О.М. Оценка гибридных образцов многолетних злаковых трав в условиях Приморского края // Аграрная Россия. – 2020. – № 9. – С. 8–11.
13. Справочник по кормопроизводству / под ред. В.М. Косолапова, И.А. Трофимова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозакадемия, 2014. – 717 с.

14. Коник Г.С., Хомяк М.М. Создание и предварительная оценка исходного материала ежи сборной в условиях Предкарпатья // Предгорное и горное земледелие и животноводство. – 2015. – № 57. – С. 125–133.
15. Наумова Т.В., Емельянов А.Н. Результаты оценки образцов многолетних злаковых трав в условиях Приморского края // Кормопроизводство. – 2014. – № 2. – С. 15–18.

REFERENCES

1. Skoblin G.S., *Ezha sbornaja* (Orchard grass), Moscow: Kolos, 1983, 101 p.
2. Kostenko S.I., Kuleshov G.F., Klochkova V.S., Kostenko N.Ju., *Osnovnye vidy i sorta kormovyh kul'tur* (Main types and varieties of forage crops), Moscow: Nauka, 2015, ch. 2.5., pp. 187–190.
3. Doeva A.D., *Jekologicheskaja selekcija i semenovodstvo klevera lugovogo. Rezul'taty 25-letnih issledovanij tvorcheskogo ob#edinenija TOS "Klever"* (Ecological selection and seed production of meadow clover. Results of 25-year research of the creative association TPS "Klever"), Moscow: Jel'f IPR, 2012, pp. 117–118.
4. Tulinov A.G., Kosolapova T.V., *Kormoproizvodstvo*, 2018, No.11, pp. 32–35. (In Russ.)
5. Butovskij B.S., *Dikie i odichavshie kormovye rastenija Sahalina i Kuril'skih ostrovov* (Wild and feral forage plants of Sakhalin and the Kuril Islands), Leningrad: Nauka, 1970, 128 p.
6. Shamsutdinov Z.Sh., *Osnovnye vidy i sorta kormovyh kul'tur* (Main types and varieties of forage crops), Moscow: Nauka, 2015, pp. 502–516 (545 p).
7. Novoselova A.S., Konstantinova A.M., Kuleshov G.F., *Selekcija i semenovodstvo mnogoletnih trav* (Selection and seed production of perennial grasses), Moscow: Kolos, 1978, 303 p.
8. Urazova L.D., Litvinchuk O.V., *Nauchnaja zhizn'*, 2018, No. 10, pp. 64–75. (In Russ.)
9. Hanson A.A., Carnahan H.L., Breeding perennial forage grasses, Washington, D. C.: Agricultural Research Service, 1956, 121 p.
10. Schultz H.K., A study of methods of breeding orchard grass, *Dactylis glomerata* L., Amer. Soc. Agron. J., 1941, No. 33, pp. 546–558.
11. Naumova T.V., Emel'janov A.N., *Vestnik Altajskogo GAU*, 2015, No. 8 (130), pp. 22–27. (In Russ.)
12. Klochkova N.L., Telichko O.N., Skalozub O.M., *Agrarnaja Rossija*, 2020, No. 9, pp. 8–11. (In Russ.)
13. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., *Spravochnik po kormoproizvodstvu* (Feed Production Handbook), Moscow: Rosssel'hozakademija, 2014, 717 p.
14. Konik G.S., Homjak M.M., *Predgornoe i gornoe zemledelie i zhivotnovodstvo*, 2015, No. 57, pp. 125–133. (In Russ.)
15. Naumova T.V., Emel'janov A.N., *Kormoproizvodstvo*, 2014, No. 2, pp. 15–18. (In Russ.)

ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ВНЕСЕНИЯ СОЛОМЫ И ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ

¹И.Б. Сорокин, доктор сельскохозяйственных наук

²Н.Ю. Николаева, кандидат биологических наук, доцент

¹Е.А. Валетова, кандидат биологических наук

²Ю.В. Чудинова, доктор биологических наук, доцент

¹ФГБУ Станция агрохимической службы Томская,
Томск, Россия,

²Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ,
Томск, Россия

E-mail: sastom@mail.ru

Ключевые слова: биологизация
земледелия, сидеральный пар,
зеленое удобрение, солома, уро-
жайность

Реферат. *Исследования, проведенные в полевом стационарном опыте агрохимической службы, доказывают преимущество направления биологизации земледелия с применением в качестве удобрения биоресурсов агроценозов (соломы и сидератов). Регулярное их внесение проявило устойчивую тенденцию к повышению урожайности зерновых культур. При внесении соломы с азотом в течение 20 лет прибавка урожая достоверна – 5,0 ц/га (26,8%); применение сидерального пара на фоне регулярного внесения соломы обеспечило повышение урожайности зерновых культур на 3,6 ц/га (20,6%), что также существенно выше, чем при внесении одной соломы без азота, которое обеспечило устойчивую тенденцию среднесугодней прибавки урожайности на 1,1 ц/га (6,3%). За четыре ротации (2000–2019 гг.) зернопарового севооборота в условиях Томской области наблюдается возрастающая эффективность сидерального пара и регулярного применения соломы в качестве удобрения, что приводит к сохранению почвенного плодородия и повышению урожайности зерновых культур по сравнению с чистым паром: в первую ротацию урожайность зерновых культур в этих вариантах была на одном уровне, во вторую ротацию урожайность после сидерального пара была выше на 11,7%, чем после чистого пара, в третью ротацию – на 18% и в четвертую ротацию сидеральный пар оказался лучше чистого пара по урожайности зерновых культур на 40%. Результаты исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием программы SNEDEKOR.*

THE IMPACT OF MULTI-YEAR STRAW AND GREEN FERTILISER APPLICATION ON GRAIN YIELDS IN A GRAIN STEAM CROP ROTATION

¹I.B. Sorokin, Doctor of Agricultural Sciences

²N.Yu. Nikolaeva, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹E.A. Valetova, PhD in Biological Sciences

²Y.V. Chudinova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

¹Federal State Budgetary Institution “Tomsk Agrochemical Service Station” Tomsk, Russia,

²Tomsk Agricultural Institute – Branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia

Keywords: biological farming, green manure fallow, green fertiliser, straw, yields

Abstract. *The research proves the advantage of the direction of biological farming using agroecosystem bioresources (straw and green manure) as fertiliser. These studies were carried out in a field stationary experiment of the agrochemical service. Regular application of fertilisers showed a stable ten-*

endency to increase grain crop yields. At applying straw with nitrogen for 20 years, the yield increase is reliable 5.0 c/ha (26.8%). The application of green manure fallow on the background of regular application of straw provided an increase in grain yield by 3.6 c/ha (20.6%), which is also significantly higher than the application of straw alone without nitrogen, which provided a steady trend of the average annual increase in yield by 1.1 c/ha (6.3%). Over four rotations (2000-2019) of grain and fallow crop rotation in the conditions of the Tomsk region, there is increasing efficiency of green manure fallow and regular use of straw as a fertiliser. This efficiency leads to the preservation of soil fertility and increased grain crop yields compared with pure fallow. In the first rotation, the grain yield in these variants was at the same level. In the second rotation, the outcome after green manure fallow was higher by 11.7% than after pure fallow. In the third rotation, the yield was 18% higher. In the fourth rotation, the green manure fallow was better than pure fallow in grain yield by 40%. The results were statistically processed by analysis of variance using SNEDEKOR software.

Основой существования почвы как природного ресурса является воспроизводство в ней органического вещества. Дефицит органического вещества в почве, падение его содержания и качества приводит к снижению уровня почвенного плодородия, ухудшению агрохимических, агрофизических и биологических свойств почвы, её экологического состояния и уменьшению урожаев.

В условиях недостаточного применения минеральных и дефицита традиционных органических удобрений основным ресурсом для воспроизводства плодородия пахотных почв является биологизация систем земледелия с насыщением севооборотов зернобобовыми и сидеральными культурами, многолетними травами, применением в качестве удобрения соломы и других послеуборочных остатков [2–5].

Наиболее перспективным направлением сохранения и воспроизводства плодородия почв, ресурсосбережения, охраны природы, повышения урожайности сельскохозяйственных культур является переход к адаптивно-ландшафтному земледелию, в котором главная роль отводится правильно организованным и биологически ориентированным севооборотам [6].

Использование соломы в качестве удобрения и энергетического материала для развития процессов почвообразования позволяет более чем вдвое увеличить поступление органического вещества в почву с корневыми и пожнивными остатками, обеспечивает ведение

экологически сбалансированного, энергосберегающего и безопасного земледелия [7–10].

Введение в зерновой севооборот в качестве предшественника кормового люпина, клевера, викоовсяной смеси, ярового и озимого рапса снижает пораженность зерновых культур корневыми гнилями в 5–6 раз [11].

Особенно ценным является зеленое удобрение из бобовых культур, способных обогащать почву азотом за счет фиксации азота атмосферы клубеньковыми бактериями. Бобовые культуры способны накапливать в почве более 10 т/га органического вещества [12]. Важно и то, что удобрение почвы азотом, накопленным бобовыми растениями, не требует дополнительных затрат. Из культур, возделываемых на зеленое удобрение, интерес также представляют растения семейства капустных как наиболее адаптированные для возделывания в различных почвенно-климатических зонах нашей страны [13].

Под влиянием зеленого удобрения снижается кислотность почв, улучшается углеродное питание растений, активизируется почвенная микрофлора, что повышает биологическую и поглотительную способность почвы [14, 15].

Перейти к расширенному воспроизводству почвенного плодородия в севооборотах позволяет комплексное использование в качестве удобрения биоресурсов агроценозов, таких как пожнивные остатки, солома, сидеральные пары и пожневные сидераты. Применение органических удобрений растительного происхождения способствует под-

держанию биоразнообразия микроорганизмов и мезофауны, в результате деятельности микроорганизмов осуществляется круговорот биогенных веществ, возрастает способность почвы к самоочищению. Накопление микробной массы, сохранение и увеличение содержания органического вещества создает благоприятный фон для возделывания сельскохозяйственных культур [16–20].

Цель наших исследований состояла в изучении влияния биоресурсов агроценозов на урожайность зерновых культур в подтаежной зоне Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевой стационарный опыт был заложен в 1999 г. у с. Новоархангельское (Томский район) в производственных условиях на серой лесной тяжелосуглинистой почве (содержание гумуса 3,6%, P_2O_5 – 17,1 мг/100 г, K_2O – 9,7 мг/100 г, $pH_{\text{сол}}$ 4,8). Изучали способы использования биоресурсов агроценозов: регулярного внесения соломы (5 т/га) и сидерата (4 раза в каждую ротацию) в сравнении с чистым паром. Схема опыта: 1) контроль (без удобрений); 2) N_{45} ; 3) солома + N_{45} ; 4) солома; 5) солома + сидерат. Многолетние изменения серой лесной почвы и влияние удобрений на урожайность зерновых культур изучали в четырех ротациях (2000–2019 гг.) зернопарового севооборота.

Повторность опыта четырехкратная, размещение вариантов опыта одноярусное, систематическое. Общая площадь делянки – 67,5 м² (15 х 4,5 м), площадь учетных площадок – 1 м².

В опыте ежегодно вносили минеральный азот весной под предпосевную культивацию и солому после уборки зерновой культуры. На делянках, где не предусмотрено внесение соломы, ее удаляли. В 5-м варианте (солома 5 т/га + сидерат) в каждую ротацию севооборота применяли зеленое удобрение, в то время как в других вариантах опыта и в контроле – чистый пар.

Обработка почвы до 2007 г. – отвальная вспашка, а затем – минимальная.

Закладка опыта, основные методы организации и техника полевого опыта в производственной обстановке осуществлялись по Методике полевого опыта В.А. Доспехова [21] с доработками и изменениями, которые проводились непосредственно в производственных условиях и отвечают конкретным задачам самого материального производства.

Лабораторные испытания проводились в соответствии с ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО; ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности; ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова; ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом; ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО; ГОСТ 26213-91. Почвы. Определение органического вещества.

Результаты исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Солома практически никогда не разлагалась в почве за один год, даже в южных регионах. В этом заключается ее полезное свойство в большей мере повышать содержание гумуса, чем при быстрой минерализации. Азотные удобрения рекомендуется вносить при этом для восполнения азота в почве, который потребляют микроорганизмы, активно размножающиеся при внесении соломы. Причем иммобилизация азота в наших опытах наблюдалась лишь в первый год внесения соломы, если ранее она не вносилась [22]. При регулярном ежегодном внесении соломы достигается баланс азота, потребляемого почвенными микробами и возвращающегося в почву при естественном отмирании микробов. Это ярко доказывает многолетний стационарный опыт по изучению регулярного внесения соломы

и применения сидерального пара в сравнении с чистым паром в зернопаровом севообороте (табл. 1). Вариант с регулярным внесением после зерновых культур соломы 5 т/га без азота не только не снижал урожайность, но имел устойчивую тенденцию к повышению урожайности до 8–10%. На серой оподзоленной почве стационара «Новоархангельское» регулярное внесение (с 2000 по 2019 г.) соломы без азота обеспечило устойчивую среднеголетнюю прибавку урожайности на 1,1 ц/га (6,3%).

При внесении соломы с азотом прибавка урожая достоверная – 5,0 ц/га и максималь-

ная в данном опыте – на 26,8%. По сравнению со 2-м вариантом, где вносился только минеральный азот (без соломы), разница незначительна. Минеральный азот обеспечивает прибавку урожайности, но не обеспечивает воспроизводства почвенного плодородия. Очевидно, в большей мере сказывается восполнение недостатка азота в агроценозе, но и солома здесь обеспечивает тенденцию к прибавке урожайности. Однако внесения только соломы даже в максимальном количестве, производимом в агроценозе Сибири, для сохранения плодородия явно недостаточно.

Таблица 1

Влияние регулярного внесения соломы (5 т/га) и сидерата на урожайность зерновых культур
(Новоархангельское, 2001 – 2019 гг.), ц/га
Effect of regular application of straw (5 t/ha) and green manure fallow on cereal yields
(Novoarkhangelskoye, 2001 – 2019), c/ha

Год	Культура	Вариант					НСР _{0,5}
		1. Контроль	2. N ₄₅	3. Солома + N ₄₅	4. Солома	5. Солома + сидерат	
2001	Яровая пшеница	21,0	22,5	20,5	21,7	29,8	3,8
2002	Овес	8,8	18,4	20,2	13,1	9,5	2,5
2003	Яровая пшеница	13,9	21,1	22,0	14,1	16,7	4,6
2005	Ячмень	26,3	24,1	25,0	23,7	33,1	4,1
2006	Яровая пшеница	10,3	10,3	10,0	10,4	12,6	3,3
2008	Озимая пшеница	19,3	27,5	30,7	28,4	28,8	5,0
2009	Яровая пшеница	29,7	33,5	36,2	29,8	24,8	3,2
2010	Яровая пшеница	23,4	26,9	27,5	24,5	22,5	2,9
2012	Ячмень	10,7	9,5	10,8	10,1	18,2	5,5
2013	Овес	19,1	21,1	21,9	16,6	20,9	10,3
2014	Овес	21,0	22,6	26,5	17,4	20,6	4,6
2015	Яровая пшеница	8,7	12,1	12,3	8,7	10,6	2,6
2018	Ячмень	9,3	12,8	18,5	16,7	15,1	3,9
2019	Овес	24,1	36,0	33,3	25,6	31,8	6,8
Средняя урожайность за 2001–2019 гг.		17,5	21,3	22,5	18,6	21,1	
Прибавка	ц/га	-	+3,8	+5,0	+1,1	+3,6	2,4
	%	-	21,7	28,6	6,3	20,6	

Примечание. 2000, 2004, 2011, 2016 гг. – сидеральный пар (5-й вариант); 2007 г. – внеплановый чистый пар; 2017 г. – нет данных

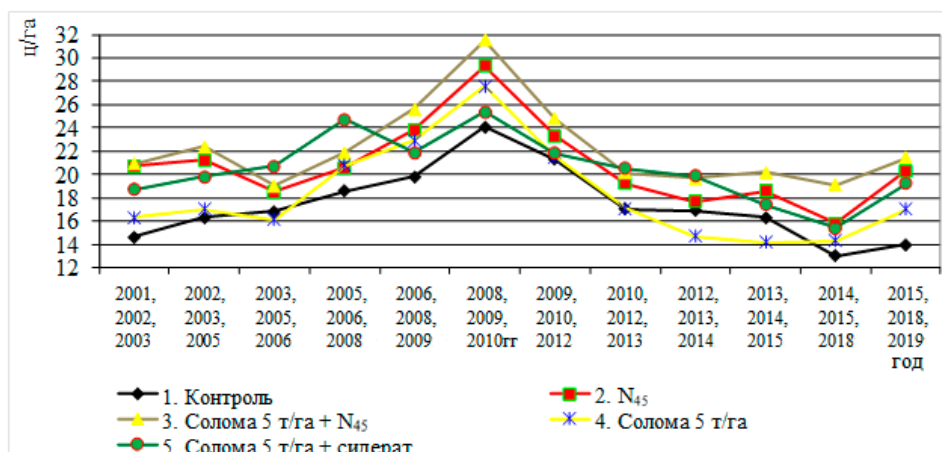


Рис. 1. Влияние многолетнего внесения минерального азота, соломы (5т/га) и сидерата на урожайность зерновых культур в скользящих средних с периодом данных за три года

Figure 1. Effect of multi-year application of mineral nitrogen, straw (5t/ha) and green manure fallow on grain crop yields in moving averages with a period of data for three years

Применение сидерального пара на фоне регулярного внесения соломы обеспечило среднемноголетнее повышение урожайности зерновых культур на 3,6 ц/га (на 20,6%), что существенно выше, чем при внесении одной соломы. Таким образом, применение сидерального пара в каждую ротацию зернопарового севооборота (вместо чистого пара) на фоне регулярного внесения соломы позволяет решить задачу сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности зерновых культур. Комплексное использование сидерального пара и регулярного внесения соломы обеспечивало сохранение почвенного органического вещества (гумуса) без многолетнего снижения, как в других вариантах опыта, где наблюдалось уменьшение содержания органического вещества [23].

Метод скользящих средних с периодом данных за три года наглядно показывает в динамике основные изменения урожайности в период исследований (рис. 1). Рост урожайности в вариантах опыта до периода 2008–2010 гг. сменился общим снижением урожайности. Это связано с изменением технологического цикла возделывания сельскохозяйственных культур в хозяйстве: отказ от отвальной вспашки и переход к минимальной (поверхностной) системе обработки почвы после 2007 г. Однако варианты с внесением минерального азота и с применением сиде-

рального пара обеспечивали стабильно более высокую урожайность.

В этом опыте 4 раза вносили сидерат – в каждую ротацию зернопарового севооборота. Но влияние на урожайность комплексного внесения сидерата и регулярно – соломы со временем изменялось. Это показывает анализ средней урожайности по 4 ротациям севооборота – после каждого применения сидерального пара (рис. 2). Если в 1-ю ротацию севооборота урожайность после применения двух видов пара (чистого пара – в контроле и сидерального – в 5-м варианте) была одинаковой, то во 2-ю ротацию урожайность после сидерального пара была на 11,7% выше, после 3-го внесения сидерата урожайность увеличилась на 18%, а после 4-го внесения сидерата – на 40% по сравнению с чистым паром по данным урожайности зерновых культур за 2 года (2018–2019 гг.). Вероятно, 2020 г. внесет коррективы в среднюю урожайность за ротацию, но тенденция к увеличению со временем разницы между чистым паром и сидеральным сохранится.

Чистый пар без внесения удобрений способствует со временем снижению плодородия, т.к. почвенное органическое вещество минерализуется, а органические удобрения не вносятся. При применении сидерального пара с регулярным внесением в почву соломы плодородие почвы и урожайность сохраняются на более высоком уровне.

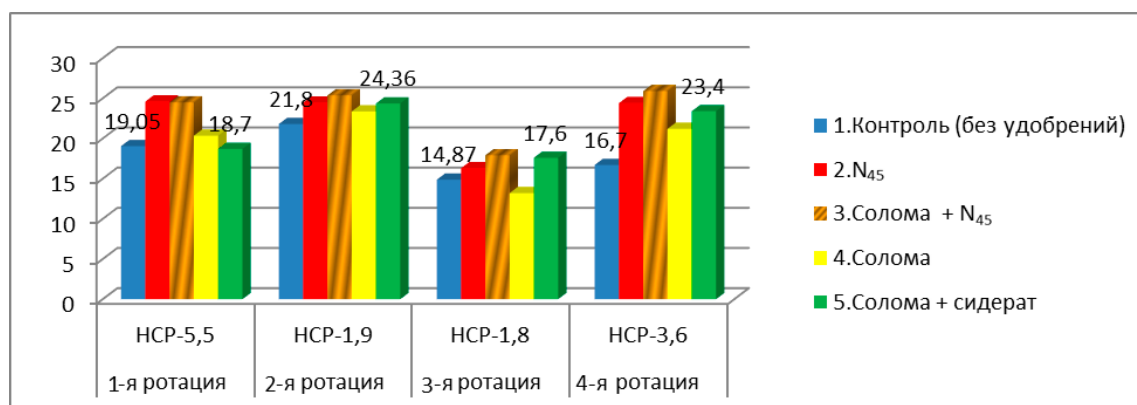


Рис. 2. Влияние регулярного внесения N_{45} , соломы и применения сидерального пара (5-й вариант) за 4 ротации в зернопаровом севообороте на урожайность зерновых культур в полевом опыте на стационаре «Новоархангельское»

Figure 2. Effect of regular application of N_{45} , straw and application of green manure fallow (5th option) for four rotations in grain-crop rotation on grain crop yields in a field experiment at the «Novoarkhangelskoye» station

Таким образом, за 19 лет исследований результаты опыта в динамике показывают возрастающее преимущество сидерального пара над чистым паром в повышении урожайности зерновых культур.

ВЫВОДЫ

1. На серой оподзоленной почве регулярное многолетнее внесение (с 2000 по 2019 г.) соломы без минерального азота обеспечило среднесуточную прибавку урожайности на 1,1 ц/га (6,3%). Прибавка статистически недостоверна, но не наблюдалось снижения урожайности от азотного голодания в результате иммобилизации азота в почве микроорганизмами при внесении соломы без минерального азота. Урожайность здесь статистически на уровне контроля – без внесения удобрений. Следовательно, при регулярном многолетнем внесении соломы без минерального азота явления азотного голодания, вызванного иммобилизацией азота микроорганизмами, не происходит.

2. При внесении соломы с азотом прибавка урожая достоверна – 5,0 ц/га (на 26,8%).

Применение сидерального пара на фоне регулярного внесения соломы обеспечило среднесуточное повышение урожайности зерновых культур на 3,6 ц/га (на 20,6%), что существенно выше, чем при внесении одной соломы. Таким образом, использование сидерального пара в каждую ротацию зернопарового севооборота (вместо чистого пара) на фоне регулярного внесения соломы позволяет решить задачу сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности зерновых культур.

3. За 19 лет исследований результаты опыта в динамике показывают возрастающее преимущество сидерального пара над чистым в повышении урожайности зерновых культур. В 1-ю ротацию севооборота урожайность после применения двух видов пара (чистого пара в контроле и сидерального в 5-м варианте) была одинаковой, во 2-ю ротацию урожайность после сидерального пара была на 11,7% выше, после 3-го внесения сидерата – увеличилась на 18%, после 4-го внесения сидерата – на 40% по сравнению с чистым паром по данным урожайности зерновых культур за 2 года (2018–2019 гг.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Чуян О.Г. Сохранение и воспроизводство плодородия почв в ландшафтном земледелии // Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. ГНУ Всерос. НИИ зем-

- леделения и защиты почв от эрозии РАСХН. 13-15 сент. 2011 г. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗ-ПЭ РАСХН, 2011. – С. 3–7.
2. *Зеленев А.В.* Биологизированные севообороты Нижнего Поволжья // *Земледелие*. – 2007. – №3 (39). – С. 35–37.
 3. *Русакова И.В., Шабардина Н.П.* Биологические показатели плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность культур зернопропашного севооборота при использовании соломы и пожнивного сидерата // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2012. – № 2. – С. 8–12.
 4. *Лебедева Т.Б., Арефьева М.В., Арефьев А.Н.* Использование соломы для улучшения гумусного состояния почв // *Нива Поволжья*. – 2008. – № 1(6). – С. 12–16.
 5. *Беляев В.Е., Скорочкин Ю.П., Полянский Н.А.* Ресурсосберегающие агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур в Тамбовской области // *Вестник МичГАУ*. – 2014. – № 3. – С. 23–26.
 6. *Соснина И., Фомин Д.* Влияние видов пара и уровней питания на продуктивность озимой ржи // *Главный агроном*. – 2012. – № 9. – С. 11–13.
 7. *Левин Ф.И.* Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // *Агрохимия*. – 1977. – №8. – С. 3–42.
 8. *Роль сидератов в экологизации и биологизации земледелия* / Н.С. Матюк, Г.Д. Гогмачадзе, С.С. Солдатова, В.Г. Безуглов // *АгроЭкоИнфо*. – 2010. – № 1(6). – С. 1.
 9. *Абашев В.Д., Козлова Л.М.* Сидераты в адаптивном земледелии // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2005. – № 6. – С. 169–178.
 10. *The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat* / L. Talgre, E. Lauringson, H. Roostalu, A. Astover // *Agronomy Research*. – 2009. – № 7(1). – P. 125–132.
 11. *Влияние биологических факторов на формирование фитосанитарного состояния почвы при возделывании ячменя* / Н.Н. Апаева, П.И. Леонтьев, Г.П. Мартынова, С.А. Замятин // *АгроXXI*. – 2010. – № 10–12. – С. 39–41.
 12. *Королёв Н.Н., Морозова Е.В., Коржов С.И.* Применение сидератов в севооборотах // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: III Междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст. в 3 кн.* – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – Кн. 1. – С. 93–96.
 13. *Шапкина Г.С.* Подбор культур для промежуточных посевов // *Земледелие*. – 1990. – № 10. – С. 36–37.
 14. *Довбан К.И.* Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
 15. *Кормовые бобы – сидераты (зелёные удобрения)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tsvetnik.info/green-manure/vicia.htm> (дата обращения: 17.05.2017).
 16. *Колобков Е.В.* Микробиологическая активность почвы как фактор оценки биологизированных севооборотов // *Аграрный вестник Урала*. – 2012. – № 2(94). – С. 4–6.
 17. *Надежкин С.Н., Нурмухаметов Н.М.* Влияние соломы и сидерата на микробиологическую активность почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // *Вестник БГАУ*. – 2005. – №6. – С. 3–7.
 18. *Влияние растительных органических удобрений на целлюлозоразлагающую активность почвы* / Е.А. Сиротина, И.Б. Сорокин, Л.Д. Проскурина, Л.В. Петрова / *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф.* 29-30 мая, г. Улан-Батор (Монголия). – 2013. – Ч. 1. – С. 153–154.
 19. *Демина О.Н., Еремин Д.И.* Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема выщелоченного в Северном Зауралье // *Агрохимический вестник*. – 2021. – № 2. – С. 10–14.

20. Ахтямова А.А., Еремин Д.И. Влияние агрохимикатов на высвобождение питательных веществ из соломы, расположенной на поверхности пахотного чернозема // Вестник Мичуринского ГАУ. – 2019. – № 3(58). – С. 43–47.
21. Доспехов В.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 341 с.
22. Сорокин И.Б., Титова Э.В., Касимова Л.В. Растительное органическое вещество как основа почвенного плодородия // Земледелие. – 2008. – № 1. – С. 14–15.
23. Сорокин И.Б., Титова Э.В., Сиротина Е.А. Биоресурсы в агроценозах подтаежной зоны Томской области // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – №3. – С. 26–30.

REFERENCES

1. Cherkasov G.N., Masjutenko N.P., Chujan O.G. *Sohranenie i vosproizvodstvo plodorodija pochv v adaptivno-landshaftnom zemledelii*, Proceedings of the Conference Title, Kursk: GNU VNIIZiZ-PJe RASHN, 2011, pp. 3–7. (In Russ.)
2. Zelenev A.V., *Zemledelie*, 2007, No. 3 (39), pp. 35–37. (In Russ.)
3. Rusakova I.V., Shabardina N.P., *Problemy agrohimii i jekologii*, 2012, No. 2, pp. 8–12. (In Russ.)
4. Lebedeva T.B., Aref'eva M.V., Aref'ev A.N., *Niva Povolzh'ja*, 2008, No. 1(6), pp. 12–16. (In Russ.)
5. Beljaev V.E., Skorochkin Ju.P., Poljanskij N.A., *Vestnik MichGAU*, 2014, No. 3, pp. 23–26. (In Russ.)
6. Sosnina I., Fomin D., *Glavnyj agronom*, 2012, No. 9, pp. 11–13. (In Russ.)
7. Levin F.I., *Agrohimija*, 1977, No. 8, pp. 3–42. (In Russ.)
8. Matjuk N.S., Gogmachadze G.D., Soldatova S.S., Bezuglov V.G., *AgroJekoInfo*, 2010, No. 1(6), pp. 1. (In Russ.)
9. Abashev V.D., Kozlova L.M., *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2005, No. 6, pp. 169–178. (In Russ.)
10. Talgre L., Lauringson E., Roostalu H., Astover A., The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat, *Agronomy Research*, 2009, No. 7(1), pp. 125–132.
11. Apaeva N.N., Leont'ev P.I., Martynova G.P., Zamjatin S.A., *AgroXXI*, 2010, No. 10–12, pp. 39–41. (In Russ.)
12. Koroljov N.N., Morozova E.V., Korzhov S.I., *Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu*, Proceedings of the Conference Title, Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008, Kn. 1, pp. 93–96. (In Russ.)
13. Shapkina G.S., *Zemledelie*, 1990, No. 10, pp. 36–37. (In Russ.)
14. Dovban K.I., *Zelenoe udobrenie* (Green fertilizer), Moscow: Agropromizdat, 1990, 208 p.
15. *Kormovye boby – sideraty (zeljonye udobrenija)*, URL: <http://www.tsvetnik.info/green-manure/vicia.htm>, (data obrashhenija 17.05.2017).
16. Kolobkov E.V., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2012, No. 2(94), pp. 4–6. (In Russ.)
17. Nadezhkin S.N., Nurmuhametov N.M., *Vestnik BGAIU*, 2005, No. 6, pp. 3–7. (In Russ.)
18. Sirotina E.A., Sorokin I.B., Proskurina L.D., Petrova L.V., *Agrarnaja nauka – sel'skohozijsvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana i Bolgarii*, Proceedings of the Conference Title, 2013, Ch. 1, pp. 153–154. (In Russ.)
19. Demina O.N., Eremin D.I., *Agrochemical Bulletin*, 2021, No. 2, pp. 10–14. (In Russ.)
20. Akhtyamova A.A., Eremin D.I., *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2019, No. 3 (58), pp. 43–47. (In Russ.)
21. Dospekhov V.A., *Metodika polevogo opyta* (Field experiment technique), Moscow: Agropromizdat, 1985, pp. 341.
22. Sorokin I.B., Titova E.V., Kasimova L.V., *Zemledelie*, 2008, No. 1, pp. 14–15. (In Russ.)
23. Sorokin I.B., Titova E.V., Sirotina E.A., *Problemy agrohimii i ekologii*, 2012, No. 3, pp. 26–30. (In Russ.)

ИЗУЧЕНИЕ ЛИНИЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В ПИТОМНИКЕ КОНКУРСНОГО СОРТОИСПЫТАНИЯ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ 2020 г.**Е.А. Тен, магистр агрономии****И.П. Ошергина, магистр агрономии****Научно-производственный центр зернового хозяйства****им. А.И. Бараева, Шортанды-1, Казахстан****E-mail: jekon_t87.07@mail.ru****Ключевые слова:** горох, селекция, фенологические наблюдения, урожайность, засуха, вегетационный период, линии

Реферат. Горох подвержен влиянию погодных условий, и действие неблагоприятных факторов сказывается на формировании урожая отнюдь не в лучшую сторону. Под влиянием засухи и повышенных температур наблюдалось угнетение ростовых процессов, а именно, формирования листового аппарата, что, в свою очередь, обусловило резкое снижение семенной продуктивности. Учитывая резко меняющуюся тепло- и влагообеспеченность в Акмолинской области, особенно важно иметь сорта (линии) с более стабильным и укороченным периодом от всходов до созревания, что даёт возможность уборки урожая в более ранние сроки. В настоящей работе сообщаются результаты изучения взаимосвязи урожайности с абиотическими факторами и морфобиологическими признаками гороха в условиях Акмолинской области за 2020 г. По результатам проведенных исследований установлено, что на продолжительность вегетационного периода 2020 г. и урожайность зерна гороха полевого влияли погодные условия. Вегетационный период у линий гороха находился в пределах 83–91 сут. На продолжительность двух периодов (всходы – цветение и цветение – спелость) повлияли особенности используемых линий и температурный режим, а также осадки третьей декады июня. Урожайность линий гороха в питомнике конкурсного сортоиспытания колебалась от 2,80 (линия 93-04-2) до 18,53 ц/га (линия 6-08-7). В результате исследований установлена положительная средняя корреляция между высотой растения и количеством бобов ($r = 0,33$). В среднем по образцам высота растений составила 62 см. В среднем по питомнику количество бобов с одного растения – 5,9 шт., а семян – 20,0 шт. Результаты исследований могут быть успешно использованы при выращивании отечественных и зарубежных сортов гороха полевого. В международной практике результаты этого эксперимента могут применяться при селективном улучшении полевого гороха и создании новых высокотехнологичных сортов.

STUDY OF SEEDED PEA LINES IN A NURSERY OF COMPETITIVE VARIETAL TRIALS UNDER DROUGHT CONDITIONS IN 2020**E.A. Ten, Master of Agronomy****I.P. Oshergina, Master of Agronomy****A.I. Barayev, Research and Production Centre for Grain Farming, Shortandy-1, Kazakhstan**

Keywords: pea, breeding, phenological observations, yield, drought, growing season, lines

Abstract. Peas are affected by weather conditions. The effects of adverse factors do not affect the formation of the crop for the better. Under the influence of drought and high temperatures, there was an inhibition of growth processes, namely, the construction of the leaf apparatus, which, in turn, led to a sharp decline in seed productivity. It is crucial to have varieties (lines) with a more stable and shorter period from sprouting to maturity, taking into account the sharply changing heat and moisture supply in the Akmola region, making it possible to harvest the crop earlier. The authors obtained the relation-

ship between yield and abiotic factors and morphobiological characteristics of peas in the conditions of the Akmola region for 2020. In their research, the authors found that weather conditions influenced the duration of the growing season 2020 and the grain yield of field peas. The ever-increasing season for pea lines was within 83-91 days. The peculiarities of the lines used, temperature regime and precipitation of the third decade of June influenced the duration of two periods (sprouting-flowering and flowering-ripening). Yields of pea lines in the nursery of competitive variety trials ranged from 2.80 (line 93-04-2) to 18.53 c/ha (line 6-08-7). As a result of their research, the authors found a positive average correlation between plant height and the number of beans ($r = 0.33$). The average plant height per sample was 62 cm. The average number of beans per plant in the nursery was 5.9, and the average number of seeds was 20.0. The research results can be successfully used in the cultivation of domestic and foreign varieties of field peas. In international practice, the results of this experiment can be applied in the selective improvement of field peas and the creation of new high-tech varieties.

Горох посевной (*Pisum sativum* L.) является одной из самых древних и значимых сельскохозяйственных культур в мире.

В связи с диверсификацией сельского хозяйства в Республике Казахстан возрастает необходимость увеличения производства разнообразных высокобелковых бобовых культур, основной из которых является горох. Ценность гороха обусловлена, прежде всего, высоким содержанием в его семенах белка – в 1,5 – 2,0 раза больше, чем у злаковых культур [1]. Включение в ежедневный рацион органических альтернативных основных продовольственных культур, таких как питательный полевой горох, может облегчить проблему дефицита микроэлементов, а также обеспечить более устойчивые методы ведения сельского хозяйства во всем мире [2].

Культура гороха обладает высокой экологической пластичностью, если судить по ареалам и зонам возделывания. В связи с этим актуальным является изучение биоклиматических параметров полевого гороха [3]. По данным авторов-физиологов, снижение потенциала продуктивности происходит из-за ослабления устойчивости к абиотическим стрессорам, в том числе к дефициту влаги, уменьшения общей площади листовой поверхности и менее развитой корневой системы [4, 5].

Многими исследователями установлено также, что воздействие низких положительных температур и заморозков, изменяя ход физиолого-биохимических процессов, задерживает развитие и формообразование

у растений, вызывает увеличение продолжительности вегетационного периода и приводит к снижению урожая [6]. Поэтому селекционеры в своей работе не отказываются от изучения различных по морфологическому типу форм гороха [7]. Ведь эффективный отбор возможен при наличии широкой генетической базы исходного материала, различного по эколого-географическому происхождению, биохимическому составу, фенологическим, морфологическим и физиологическим признакам, с высоким биоэнергетическим и адаптивным потенциалом [8].

Всестороннее изучение и оценка образцов с широким признаковым диапазоном позволят более результативно вести селекцию на создание новых сортов гороха. Потенциальные возможности продукционного процесса растений позволяют самые разные морфологические типы гороха рассматривать как перспективные для селекции.

Необходимую эффективность производства могут обеспечить лишь те, у которых лучше всего развиты агроценотические свойства [9]. В связи с этим очень важно, чтобы селекционеры понимали основы феномена нестабильности урожайности, чтобы создавать стабильные и высокоурожайные сорта [10].

Для повышения эффективности селекционной работы необходимо вести целенаправленный поиск новых доноров и источников селекционно-ценных признаков. Поэтому углубленное изучение материала, направленное на вовлечение в селекционный процесс

новых источников хозяйственно-ценных признаков и свойств гороха, изучение влияния элементов продуктивности растения на увеличение урожайности являются актуальной задачей и по сей день [11].

Цель работы – изучить влияние неблагоприятных погодных условий 2020 г. на продолжительность вегетационного периода и продуктивность линий гороха посевного в питомнике конкурсного сортоиспытания.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в лаборатории селекции зернобобовых и масличных культур на научно-экспериментальной базе ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», расположенной в Акмолинской области на черноземах обыкновенных. Подготовку поля и закладку опытов проводили по соответствующим рекомендациям НПЦЗХ им. А.И. Бараева.

Материалом для исследований служили линии питомника конкурсного сортоиспытания гороха. В качестве объекта исследований использовали 30 линий гороха, за стандарт был принят местный сорт КАСИБ.

Показатель всхожести определяли по ГОСТ 12038-84. Исходя из полученных данных всхожести и массы 1000 зерен (по ГОСТ 12042-80) рассчитывали норму высева, отталкиваясь от нормы 1,0 млн всхожих семян на 1 га. Семена гороха перед посевом протравливали пестицидом Максим 035 (1 л/т).

Предшественник – черный пар. Семенной материал высевали сеялкой ССФК-7 на делянках площадью 12 м², повторность четырехкратная, размещение опытных делянок рандомизированное. Посев проведен в оптимальные сроки – в начале третьей декады мая. Прикатывание посевов произведено кольчато-шпоровыми катками сразу после окончания посева. Для сравнения в питомнике через каждые 10 сортообразцов высевали сорт-стандарт КАСИБ. Уход за посевами заклю-

чался в детальной ручной прополке 2 раза за вегетацию.

Образцы изучены по основным показателям: продолжительность вегетационного периода в целом и по фазам развития, продуктивность, устойчивость к болезням, полеганию, засухе. В течение вегетационного периода проводили оценку в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания и фенологические наблюдения согласно утвержденным методическим указаниям.

Для структурного анализа отбирали по 10 растений с одной повторности. Растения анализировали по следующим показателям: масса снопа, длина стебля, количество стеблей, число междоузлий, число бобов на растении, длина боба, число семян в бобе, масса 1000 семян.

Уборку проводили по мере созревания семян гороха с использованием малогабаритного селекционного комбайна Wintersteiger Classic. Послеуборочную обработку полученного материала осуществляли на транспирационной машине «Алмаз» с доведением семян до кондиционного состояния и влажности 14 %.

Математическую обработку полученных данных проводили по 32-битной программе AGROS версия 2.11, модифицированной С.П. Мартыновым, на персональном компьютере, а также с помощью прикладной программы SNEDECOR и Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеоусловия изучались по данным Агрометеорологической станции (АМС) п. Шортанды. В осенне-зимний период 2019/20 г. накопление влаги в виде дождя и снега составило 284,1 мм против среднемноголетнего значения 156,9 мм, т.е. превысило его средние многолетние значения на 127,2 мм, а за весь вегетационный период выпало 125,0 мм осадков, что на 43,7 мм меньше по сравнению с среднемноголетними показателями (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические показатели АМС п. Шортанды за 2020-й сельскохозяйственный год
Meteorological indicators of the Akmola Meteorological Station in Shortandy settlement for the 2020th agricultural year

Месяц	Декада	Температура, °C		Осадки, мм		ГТК	
		с.-х. год	среднемно-голетняя	с.-х. год	среднемно-голетние	с.-х. год	среднемно-голетний
Май	1	14,6	10,5	0,0	10,4	0,0	-
	2	18,7	12,6	1,0	9,5	0,0	-
	3	20,0	14,6	0,0	12,5	0,0	-
	Среднее	17,8	12,5	1,0	32,4	0,0	-
Июнь	1	19,2	16,8	5,6	11,8	0,3	0,8
	2	17,4	18,7	5,0	14,2	0,3	0,8
	3	11,0	19,6	39,5	13,5	3,6	0,6
	Среднее	15,8	18,3	50,1	39,5	1,4	0,7
Июль	1	14,8	20,1	24,9	18,9	1,7	0,9
	2	22,0	20,0	6,0	20,4	0,3	1,3
	3	16,3	19,6	15,7	17,7	0,9	0,9
	Среднее	17,7	19,9	46,6	57,0	0,9	1,0
Август	1	23,0	18,8	8,7	13,4	0,4	0,8
	2	17,9	18,1	18,3	12,6	1,0	0,8
	3	18,0	15,5	0,3	13,8	0,0	0,9
	Среднее	19,6	17,4	27,3	39,8	0,4	0,8
Среднее		17,7	17,0	125,0	168,7	0,6	0,8

По температурному режиму весна была жаркая и сухая. Май характеризовался полным отсутствием осадков. Сумма выпавших осадков была на 31,4 мм ниже среднего многолетнего значения, что в 3 раза меньше нормы. В мае среднесуточная температура по сравнению с нормой была выше на 5,3 °C (в среднем 17,8 °C), а в июне ниже на 2,5 °C. По мнению Ф.А. Давлетова и др. [12], оптимальной на начальной стадии развития растений считается температура до 20 °C. При наступлении прохладных погодных условий наблюдается увеличение продолжительности вегетационного периода гороха и его сокращение в условиях жаркой погоды.

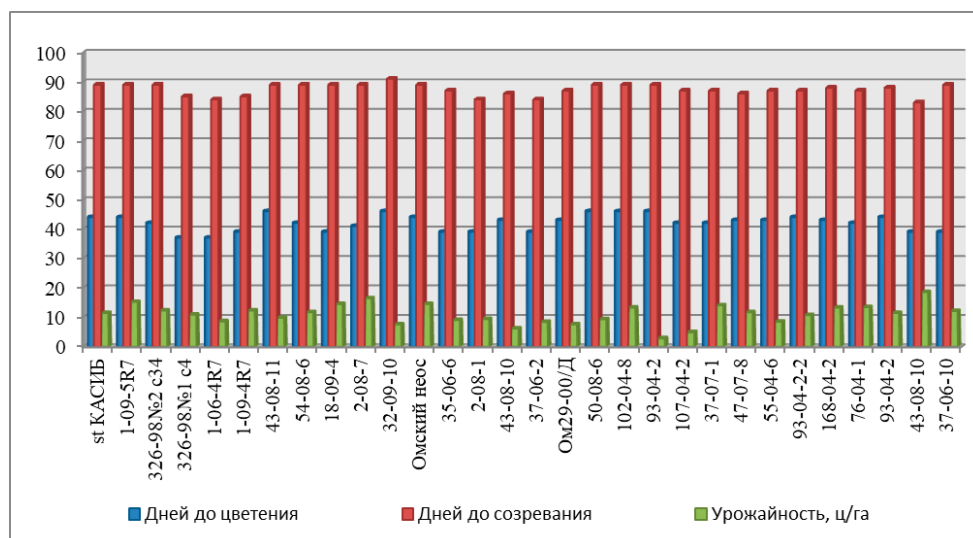
По данным лаборатории обработки почвы, к началу вегетации растений запас продуктивной влаги был минимальным. Количество осадков в июне хоть и превысило средние многолетние на 10,6 мм, но их распределение по декадам было неравномерным. Основная масса осадков выпала в третьей декаде июня.

По температурному режиму июль выдался холодным (17,7 °C) и сухим (46,6 мм). В августе наблюдалось повышение температуры воздуха на 2,2 °C в сравнении со средними многолетними значениями.

Среднесуточная температура в 2020 г. была на 0,7 °C выше средней многолетней.

При ведении селекции в регионах с преобладанием резко-континентального климата необходимо учитывать влияние абиотических стресс-факторов, таких как высокая или низкая температуры воздуха, засуха, небольшое количество выпавших за вегетационный период. В Акмолинской области характерная особенность климата – частые ветра большой скорости, переходящие в пыльные бури. Поэтому широко распространена дефляция, которая приводит к выносу посеянных семян, оголению корней, засыпанию всходов, травмированию листьев и уменьшению влажности воздуха.

Одним из основных приоритетов в селекции гороха считается создание новых высоко-



Урожайность и вегетационный период образцов гороха в питомнике конкурсного сортоиспытания
Productivity and growing season of pea samples in the nursery of competitive variety testing

конкурентных детерминантных сортов с уса-
тым типом листа, которые имеют укорочен-
ные междоузлия, благодаря чему такие сорта
не полегают и обеспечивают более дружное
созревание урожая.

А.Н. Зеленев [13], опираясь на труды D. Daviesa, A. Albino и A. Zeone, указывает, что благодаря меньшему числу устьиц на поверх-
ности усиков транспирационный коэффи-
циент у таких растений ниже, чем у листоч-
ковых сортотипов, что обеспечивает уса-
тым сортам устойчивость к засухе. В благоприят-
ных абиотических условиях безлисточковые
формы по урожайности не уступают листоч-
ковым, а некоторые сорта усатого морфотипа
демонстрируют хорошие показатели урожай-
ности и в засушливые годы [14].

При обеспеченности влагой семена горо-
ха могут прорасти при температуре 1–2 °С,
но для последующего роста уровень темпе-
ратуры должен быть на 3–4 °С выше. Май
в 2020 г. характеризовался как остро-засушли-
вый (ГТК = 0,0), в связи с чем растения го-
роха отличались по темпам роста в начальной
фазе вегетации. Семена начали прорасти на
5-6-й день, всходы были неравномерные и не-
полные.

Как известно, наиболее интенсивный
рост растений гороха происходит в фазе раз-
вития от 6–13 листьев, после чего темпы ро-
ста культуры замедляются, и ввиду того, что
в опытах в этот период (начало июня) наблю-

далась засуха (ГТК = 0,3), темпы роста сни-
зились, что затянуло вегетационный период
гороха. В третьей декаде июня выпало боль-
шее количество осадков (39,5 мм, что выше
среднегодовых показателей на 26 мм),
пошел подгон, что неблагоприятно сказалось
на росте и развитии растений гороха, а также
продуктивности изучаемых линий.

Продолжительность вегетационного
и межфазных периодов роста и развития го-
роха определяется сортовыми особенностями
и их взаимодействием с условиями окружа-
ющей среды. При ГТК= 0,6 за сельскохозяй-
ственный год, а это условия острой засухи,
вегетационный период в питомнике варьиро-
вал в пределах от 83 до 91 сут, при этом отме-
чается довольно стабильная урожайность по
вариантам опыта (рисунок).

Несмотря на то, что у большинства ли-
ний был подгон растений после выпавших
осадков, колебания по продолжительности
вегетационного периода у всех образцов в пи-
томнике конкурсного сортоиспытания гороха
были незначительные. У стандартного сорта
гороха КАСИБ период вегетации составил
89 сут. Наиболее растянутый вегетационный
период (91 сут) наблюдался у линии 32-09-10.
Наиболее короткая фаза от всходов до созре-
вания (83 сут) отмечена у линии 6-08-7. Фаза
полного цветения из-за погодных условий на-
ступила в среднем на 41-е сут после всходов.

Таблица 2

Элементы семенной продуктивности перспективных линий гороха посевного в 2020 г.
 Elements of seed productivity of promising lines of sowing peas in 2020

Сорт, линия	Биомасса одного растения, г	Высота растения, см	Высота до 1-го боба, см	Число, шт.				Масса 1000 шт.
				междоуз- лий	продук- тивных узлов	бобов	семян с 1 растения	
КАСИБ (стандарт)	7,15	65,3	28,1	13,8	2,6	3,4	13,7	189,40
1-09-5R7	10,90	68,2	29,4	12,7	3,5	5,5	23,7	163,66
326-98№2 с34	7,20	65,7	27,4	14,5	3,6	4,8	21,6	146,00
326-98№1 с4	8,20	43,5	20,6	13,1	2,7	3,9	13,1	251,65
1-06-4R7	11,40	62,7	24,5	11,6	3,1	4,0	16,7	177,33
1-09-4R7	17,30	68,9	31,2	13,5	4,7	6,3	27,4	165,79
43-08-11	14,30	66,1	29,6	12,5	3,7	7,2	33,4	134,39
54-08-6	18,00	58,7	23,4	10,1	3,4	4,5	19,1	279,30
18-09-4	10,30	69,8	32,0	14,6	5,6	4,1	14,9	267,11
2-08-7	8,60	46,6	21,8	11,8	6,6	4,1	17,1	202,89
32-09-10	7,80	65,8	29,7	13,2	5,9	4,2	14,9	187,28
12-280	8,71	82,0	40,3	13,8	6,9	4,2	14,5	194,52
35-06-6	10,68	49,2	26,1	13,4	7,3	5,0	17,0	198,30
2-08-1	17,70	49,5	21,6	12,4	6,3	6,4	29,4	251,70
43-08-10	12,50	78,7	34,1	14,8	6,2	6,3	22,7	180,50
37-06-2	9,52	47,3	20,9	10,6	3,3	4,6	20,2	210,04
Ом29-00/Д	7,00	60,2	29,4	12,5	2,8	3,7	14,6	217,30
50-08-6	5,55	63,5	26,7	12,1	3,5	4,7	16,9	154,30
102-04-8	13,60	78,7	34,7	12,2	3,7	7,7	30,3	145,22
93-04-2	9,33	72,8	35,4	13,4	3,9	5,9	23,3	199,10
107-04-2	13,50	55,7	25,6	14,4	8,0	7,4	30,5	160,83
37-07-1	12,30	71,4	34,6	12,4	5,0	4,6	16,2	295,20
47-07-8	11,30	53,9	24,6	13,0	5,0	4,1	19,5	263,94
55-04-6	14,73	71,2	36,4	17,5	5,6	8,5	35,0	191,75
93-04-2-2	16,45	78,5	37,8	18,7	3,8	6,6	32,9	198,40
168-04-2	13,20	73,1	34,5	20,8	6,0	8,9	40,9	157,53
76-04-1	14,90	78,1	35,7	17,4	5,4	8,5	45,4	178,84
93-04-2	17,28	80,6	40,1	18,4	5,0	8,5	51,4	157,60
6-08-7	15,32	61,1	30,8	13,0	4,6	8,6	47,3	208,81
37-06-10	12,05	59,4	25,1	14,2	3,7	6,0	27,6	216,78
СА и ОС, M ± m	11,3±0,9	61,8±4,2	27,5±2,0	12,9±0,9	4,7±0,4	4,9±0,4	20,0±2,2	200,00±13,6
V,%	47,57	40,71	42,86	42,00	45,80	52,83	66,62	40,22

Примечание. СА – среднее арифметическое; ОС – отклонение от среднего; V – коэффициент вариации.

Ввиду слабой устойчивости к абиотическим стрессовым факторам отдельно взятых образцов средняя урожайность у линий гороха варьировала в значительной степени (коэф-

фициент вариации – 45,17 %) и по питомнику находилась в пределах от 2,80 (линия 93-04-2) до 18,53 ц/га (линия 6-08-7) при показателе стандартного сорта 11,40 ц/га.

Наиболее урожайные образцы не всегда имеют растянутый вегетационный период. Проведенная математическая обработка данных показала низкую положительную зависимость урожайности от продолжительности вегетационного периода ($r = 0,016$).

Проведенный анализ биометрических параметров растений гороха в неблагоприятных абиотических условиях, сложившихся в текущем году, наглядно показал структуру формирования элементов продуктивности и влияющих на них признаков. Выявлены некоторые сортовые различия по степени снижения показателей элементов продуктивности под действием засухи и повышенных температур.

Высота растения обычно коррелирует с количеством бобов на нем, особенно при обычном типе развития. По данным Ф.А. Давлетова [15], под влиянием засухи и повышенных температур наблюдалось угнетение ростовых процессов гороха, что, в свою очередь, обусловило резкое снижение семенной продуктивности. В нашем опыте была установлена положительная средняя корреляция между высотой растения и количеством бобов ($r = 0,33$). Так, высота растений в среднем по образцам составила 62 см. Наибольшей высотой отличилась линия 12-280 – 82,0 см, наименьшей – линия 326-98 №1 с4 – 43,5 см. По среднему количеству бобов на растении выделились линии 168-04-2 (8,9 шт.), 6-08-7 (8,6 шт.), 93-04-2, 76-04-1, 55-04-6 (8,5 шт.) (табл. 2).

Как известно, чем больше семян образует растение, тем больше коэффициент размножения. Наибольшее количество семян с растения получено у образцов 93-04-2 (51,4 шт.) и 6-08-7 (47,3 шт.). По массе 1000 семян вы-

делилась линия 37-07-1 (295,20 г.), превысив стандартный сорт КАСИБ на 105,80 г.

ВЫВОДЫ

1. За весь вегетационный период выпало 125,0 мм осадков при среднемноголетних показателях 168,7 мм; среднесуточная температура в 2020 г. была на 0,7 °C выше средней многолетней, что неблагоприятно сказалось на продуктивности образцов гороха посевного.

2. Наибольший вегетационный период (91 сут) наблюдался у линии 32-09-10, наиболее короткая фаза от всходов до созревания (83 сут) – у линии 6-08-7.

3. В значительной степени варьировала средняя урожайность, коэффициент вариации по питомнику составил 45,17 %. Показатель урожайности стандартного сорта составил 11,40 ц/га.

4. По показателю высоты растений отличилась линия 12-280 – 82,0 см, наименьшая высота наблюдалась у линии 326-98 №1 с4 – 43,5 см. По количеству бобов на растении в среднем выделились линии 168-04-2 (8,9 шт.), 6-08-7 (8,6 шт.), 93-04-2, 76-04-1, 55-04-6 (8,5 шт.)

5. Несмотря на различные стрессовые факторы, которым подвержены растения гороха в период вегетации в условиях Акмолинской области, изученные линии гороха могут достаточно успешно конкурировать по урожайности, высокотехнологичности, а также устойчивости к абиотическим факторам внешней среды и составить достойную конкуренцию зарубежным сортам.

Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10765000).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Каримов И.К. Влияние метеорологических условий на формирование урожая зерна гороха // *Зерновое хозяйство России*. – 2016. – № 5. – С. 10–16.
2. Powers S.E., Thavarajah D. Checking Agriculture's Pulse: Field Pea (*Pisum sativum* L.), Sustainability, and Phosphorus Use Efficiency // *Frontiers in Plant Science*. – 2019. – Vol. 10. – DOI: 10.3389 / fpls.2019.01489.

3. *Mathematical modeling and research of the work of the grain combine harvester cleaning system* / I. Badretdinov, S. Mudarisov, R. Lukmanov [et al.] // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2019. – Vol. 165. – <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104966>.
4. Новикова Н.Е. Водный обмен у растений гороха с разным морфофизиологическим типом листа // *Сельскохозяйственная биология*. – 2009. – № 5. – С. 73–77.
5. Селекция усатых сортов гороха в ФНЦ зернобобовых и крупяных культур / А.Н. Зеленов, А.М. Задорин, А.А. Зеленов, М.Е. Коновалова // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1(33). – С. 4–10. – DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147.
6. Вегетационный период коллекционных образцов / А.П. Коробов, Н.А. Коробова, А.А. Лысенко, Ю.В. Шапошникова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 3(59). – С. 52–55.
7. Изучение генетического потенциала сортообразцов гороха разных морфотипов в условиях Ростовской области / А.Р. Ашиев, К.Н. Хабибулин, П.И. Костылев, Н.Г. Игнатьев // *Зерновое хозяйство России*. – 2018. – № 1(55). – С. 47–52.
8. Вишнякова М.А. Пути эффективного использования генетических ресурсов растений в создании конкурентоспособных отечественных сортов зернобобовых культур // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 3(54). – С. 111–117.
9. Амелин А.В. Роль архитектоники растений в формировании сортами гороха высокопродуктивных и технологичных посевов // *Аграрная Россия*. – 2002. – №1. – С. 77–82. – doi.org/10.30906/1999-5636-2002-1-77-82.
10. Kosev V., Vasileva V. Adaptive capabilities and productive potential of initial material from peas (*Pisum sativum*) // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2019. – Vol. 89, N 1. – P. 138–144.
11. Изучение генетического разнообразия коллекционного материала гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в условиях Республики Башкортостан / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.Р. Ашиев, Л.Ю. Новикова // *Зерновое хозяйство России*. – 2014. – № 4. – С. 44–52.
12. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) / D.S. Ayupov, F.A. Davletov, I.G. Asylbaev [et al.] // *Legume Research-An International Journal*. – 2019. – N 42(5). – P. 615–619. – DOI: 10.18805 / LR-474.
13. Зеленов А.Н. Селекция гороха на высокую урожайность семян: дис. в форме докл. ... д-ра с.-х. наук. – Брянск, 2001. – 60 с.
14. Кандыков И.В. Основные достижения и приоритеты в селекции гороха // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2012. – №1. – С. 37–46.
15. Давлетов Ф.А. Селекция неосыпающихся сортов гороха в условиях Южного Урала. – Уфа: Гилем, 2008. – 236 с.

REFERENCES

1. Davletov F.A., Gainullina K.P., Karimov I.K., *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2016, No. 5, pp. 10–16. (In Russ.)
2. Powers S.E., Thavarajah D., Checking Agriculture's Pulse: Field Pea (*Pisum sativum* L.), Sustainability, and Phosphorus Use Efficiency, *Frontiers in PlantScience*, 2019, Vol. 10, 1489, DOI: 10.3389 / fpls.2019.01489.
3. Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R., Permyakov V., Ibragimov R., Nasyrov R., Mathematical modeling and research of the work of the grain combine harvester cleaning system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, Vol. 165, 104966, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104966>.
4. Novikova N.E., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2009, No. 5, pp. 73–77. (In Russ.)

5. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A., Konovalova M.E., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, No. 1(33), pp. 4–10, DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11147. (In Russ.)
6. Korobov A.P., Korobova N.A., Lysenko A.A., Shaposhnikova Yu.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 3 (59), pp. 52–55. (In Russ.)
7. Ashiev A.R., Khabibulin K.N., Kostylev P.I., Ignat'ev N.G., *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2018, No. 1(55), pp. 47–52. (In Russ.)
8. Vishnyakova M.A., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No. 3(54), pp. 111–117. (In Russ.)
9. Amelin A.V., *Agrarnaya Rossiya*, 2002, No. 1, pp. 77–82, doi.org/10.30906/1999-5636-2002-1-77-82. (In Russ.)
10. Kosev V., Vasileva V., Adaptive capabilities and productive potential of initial material from peas (*PisumSativum*), *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, Vol. 89, No. 1, pp. 138–144.
11. Davletov F.A., Gainullina K.P., Ashiev A.R., Novikova L.Yu., *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2014, No. 4, pp. 44–52. (In Russ.)
12. Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M., Irglina R.S., Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisumsativum* L.), *Legume Research-An International Journal*, 2019, No. 42(5), pp. 615–619, DOI: 10.18805 / LR-474.
13. Zelenov A.N., *Selektsiya gorokha na vysokuyu urozhainost' semyan* (Selection of peas for high seed yield), Doctors thesis, Bryansk: Bryanskaya GSKhA, 2001, 60 p.
14. Kandykov I.V., *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2012, No. 1, pp. 37–46. (In Russ.)
15. Davletov F.A. *Selektsiya neosypayushchikhsya sortov gorokha v usloviyakh Yuzhnogo Urala* (Selection of non-falling pea varieties in the conditions of the Southern Urals), Ufa: Gilem, 2008, 236 p

ВЕТЕРИНАРИЯ и ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:612.438:636.934.57

DOI:10.31677/2072-6724-2021-60-3-82–96

АНАТОМИЯ И ГИСТОЛОГИЯ ТИМУСА АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ ГЕНОТИПОВ STANDARD, SAPPHIRE, LAVANDER В РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА

¹Е.И. Земляницкая, аспирант

¹О.В. Распутина, доктор ветеринарных наук, доцент

¹И.В. Наумкин, кандидат биологических наук, доцент

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

¹Е.А. Сысоева, аспирант

¹Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: eizemlyanitskaya@mail.ru

Ключевые слова: тимус, американская норка, морфология, тельца Гассалья, генотип, Standard, Sapphire, Lavender

Реферат. Представлены данные по строению тимуса американских норок окрасочных генотипов Standard, Sapphire, Lavender в раннем постнатальном периоде от рождения до 180 дней. Установлено, что при рождении тимус является полностью сформированным органом. Анатомическое строение тимуса и его топография не определялись особенностями генотипа. Наибольшего значения весовые показатели тимуса достигали в 90 дней, минимального – в возрасте 180 дней. В 45 дней изменения проявляются увеличением площади тимической доли и мозгового вещества в ней, уменьшением площади кортекса; отмечается наиболее интенсивный рост тимуса, обусловленный увеличением количества долек. Тимус норок в возрасте от 45 до 90 дней характеризуется выравниванием показателей между генотипами, происходит увеличение значений корковой зоны примерно до уровня новорожденных норчат с соответствующим увеличением корково-мозгового индекса. Тимус норок в возрасте от 90 до 180 дней сохраняет типичное морфологическое строение, но уже отчетливо просматриваются признаки возрастных инволютивных процессов – уменьшение площади долек, расширение мозгового вещества, изменение структуры органа (слияние долек), увеличение признаков жировой трансформации тимуса. Тельца Гассалья обнаруживались в мозговом веществе во все периоды исследования. Количество телец Гассалья и их морфология зависят от функциональной активности тимуса. У новорожденных преобладают одноклеточные, юные и молодые формы, у 45-дневных норок – юные и молодые, у 90-дневных самок и самцов норок Standard – юные тельца и достаточно часто визуализируются одноклеточные, в то время как зрелые и молодые встречаются реже. У норок цветных генотипов преобладающими являются молодые и юные тельца Гассалья. К возрасту 180 дней увеличивается количество зрелых телец и молодых с признаками разрушения центральной клетки с накоплением детрита и формированием полости.

ANATOMY AND HISTOLOGY OF THE THYMUS OF AMERICAN MINK OF STANDARD, SAPPHIRE, LAVANDER GENOTYPES DURING EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS

¹E.I. Zemlyanitskaya, PhD student

¹O.V. Rasputina, Doctor of Veterinary Science, Associate Professor

¹I.V. Naumkin, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

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

¹E.A. Sysoeva, PhD Student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Keywords: thymus, American mink, morphology, Hassall's corpuscles, genotype, Standard, Sapphire, Lavender

Abstract. Data are presented on the thymus structure of American Mink of the Standard, Sapphire, Lavender colouring genotypes in the early postnatal period from birth to 180 days. The thymus is known to be a fully formed organ at birth. The anatomical structure of the thymus and its topography are not determined by genotype. At 45 days of age, the changes are manifested by an increase in the thymic lobule area and the brain matter therein, a decrease in the cortex area; the most intense growth of the thymus due to the rise in the number of lobules is noted. The thymus of mink at 45 to 90 days of age is characterised by an equalisation between the genotypes, increasing cortical area values to about the level of newborn mink with a corresponding increase in the cortical-brain index. The thymus of minks at the age of 90 to 180 days retains the typical morphological structure. Still, the signs of age involutive processes are seen – reduction of the lobule area, enlargement of the medulla, changes in the form of the organ (lobule fusion), increased signs of fat transformation thymus. Hassall's corpuscles were found in the medulla in all periods of investigation. The number of Hassall's bodies and their morphology depends on the functional activity of the thymus. In newborns, unicellular, young and juvenile forms predominate. In 45-day-old minks, young and immature forms predominate. In 90-day-old female and male Standard burros, young and quite often unicellular bodies are visualised, while mature and juvenile records are less common. In mink of the coloured genotypes, immature and youthful Hassall's corpuscles are predominant. By 180 days, the number of mature and young corpuscles with signs of central cell destruction with detritus accumulation and cavity formation increases.

Анатомическое и гистологическое строение тимуса претерпевает изменения с момента рождения до периода полового созревания. На разных стадиях возрастной инволюции тимус имеет характерные черты. У новорожденных животных тимус полностью сформирован и функционально активен [1–4]. В данный период роль тимуса заключается в обеспечении защиты организма от чужеродных антигенов и аутоантигенов в связи с физиологической незрелостью гуморального иммунитета [2]. По мере роста организма функциональная активность тимуса посте-

пенно снижается [1]. Тимус подвергается возрастной инволюции, которая сопровождается структурной перестройкой органа.

Признаками возрастной инволюции тимуса являются уменьшение его относительной массы и линейных размеров тимуса, а также изменение гистологического строения [5–7]. Максимальное значение относительной массы тимуса наблюдается у новорожденных животных с последующим ее уменьшением по мере взросления [2, 6–9]. Это свидетельствует о том, что на период новорожденности приходится пик функциональной значимости желе-

зы, когда повышается необходимость в продуктах жизнедеятельности тимуса [4]. После создания пула периферических Т-лимфоцитов утрата тимуса уже не приводит к катастрофическому снижению иммунитета и, несмотря на возрастную редукцию органа, количество Т-лимфоцитов в циркуляции сохраняется на достигнутом уровне [10, 11].

Инволюционные процессы в тимусе проявляются постепенным уменьшением объема и площади паренхимы, особенно истинной, с увеличением количества жировой и фиброзной ткани [5, 9, 11, 12]. Характерными возрастными изменениями в гистологии тимуса являются: изменение размеров и формы долек, снижение корково-мозгового индекса, повышение количества тимических телец с изменением их морфологии, увеличение толщины капсулы и соединительнотканых перегородок, липоматоз септ [3, 7, 9, 11, 13, 14].

Четкие признаки возрастной регрессии тимуса у разных видов животных проявляются в разные сроки [6, 7, 9, 11, 13–15]. К тому же на морфологические и весовые характеристики тимуса оказывают влияние не только видовые, но и породные и половые аспекты [11, 14, 16, 17]. Видовая морфология тимуса достаточно хорошо описана. Подробно тимус описан у человека, крыс разных линий, домашней птицы (индюки, куры), а также домашних животных (корова, свинья, собака). Среди пушных зверей имеются данные о морфологии тимуса соболя, лисиц и незначительное количество статей, касающихся норки. При этом строение органа рассматривается без учета генотипа, пола и возраста животных.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение морфометрических характеристик тимуса американской норки трех окрасочных генотипов – Standard, Sapphire, Lavender от рождения до 180-дневного возраста.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для морфологических исследований использовали тимус от клинически здоровых самок и самцов американских норок генотипов Standard, Sapphire, Lavender в возрасте 1; 40–45; 90 и 180 дней, выращенных на базе сектора кунных ЦКП «Генофонды пушных и сельскохозяйственных животных» ИЦиГ СО РАН. Всего исследован тимус 84 особей американской норки.

Для суждения о морфофункциональном состоянии тимуса определяли его абсолютную и относительную массу, интенсивность роста в разные возрастные периоды по формуле Броди. Относительную массу рассчитывали как отношение массы тимуса (г) к массе тушки со шкуркой (г), умноженное на 100 %.

Образцы тимуса фиксировали в 10%-м растворе формалина. Изготовление парафиновых блоков, окраску депарафинизированных срезов проводили на базе ЦНИЛ ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России. Срезы тимуса толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином согласно общепринятой методике. Для исследования использовали автоматизированный морфометрический комплекс, включающий световой микроскоп Carl Zeiss Primo Star, цифровую камеру и персональный компьютер с набором прикладных программ Zeiss Efficient Navigation (ZEN). При морфометрическом исследовании гистологических препаратов определяли площадь дольки тимуса, площадь коркового и мозгового вещества, вычисляли индекс коры (отношение площади коркового вещества к площади мозгового вещества), относительную площадь (%), занимаемую корковым и мозговым веществом дольки, количество телец Гассала в долке.

Цифровой материал обрабатывали статистически с использованием программного пакета Microsoft Office Excel. Достоверность оценивали, используя непараметрический критерий U Манна-Уитни и Т-критерий Стьюдента. Доверительный интервал рассчитывали для средних значений выборок с вероятностью 95%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На момент рождения норки тимус является сформированным, морфологически зрелым органом. У американских норок исследуемых генотипов анатомически тимус с момента рождения до 180-дневного возраста не имел видимых отличий между генотипами и между самцами и самками внутри генотипа. Как и тимус собак и кроликов, тимус норок представлен хорошо развитой грудной долей. Имеет серо-розовую окраску и дольчатую структуру, четко прослеживающуюся в исследуемые возрастные периоды. Консистенция тимуса – от умеренно упругой до слабоуплотненной. Снаружи покрыт влажной, умеренно напряженной блестящей капсулой.

Согласно данным И.Н. Парфенюка [18], тимус клинически здоровых взрослых норок

(генотип не указан) состоит из непарной грудной доли удлинненной формы и расположен от основания сердца до каудального края нижнечелюстной слюнной железы.

Проведенная нами аутопсия норок Standard, Sapphire, Lavender показала, что тимус расположен в грудной полости краниально от сердца, занимая вентральную часть средостения. В процессе постнатального онтогенеза топография тимуса претерпевает изменения (рис. 1).

Более узкий краниальный полюс тимуса новорожденных щенков располагается на уровне первого ребра или незначительно выходит в шейную область за пределы грудной клетки. К 6-месячному возрасту вследствие процессов жировой трансформации тимуса происходит смещение краниального полюса в область первого-второго (единично-третьего) межреберья. Каудальный полюс тимуса

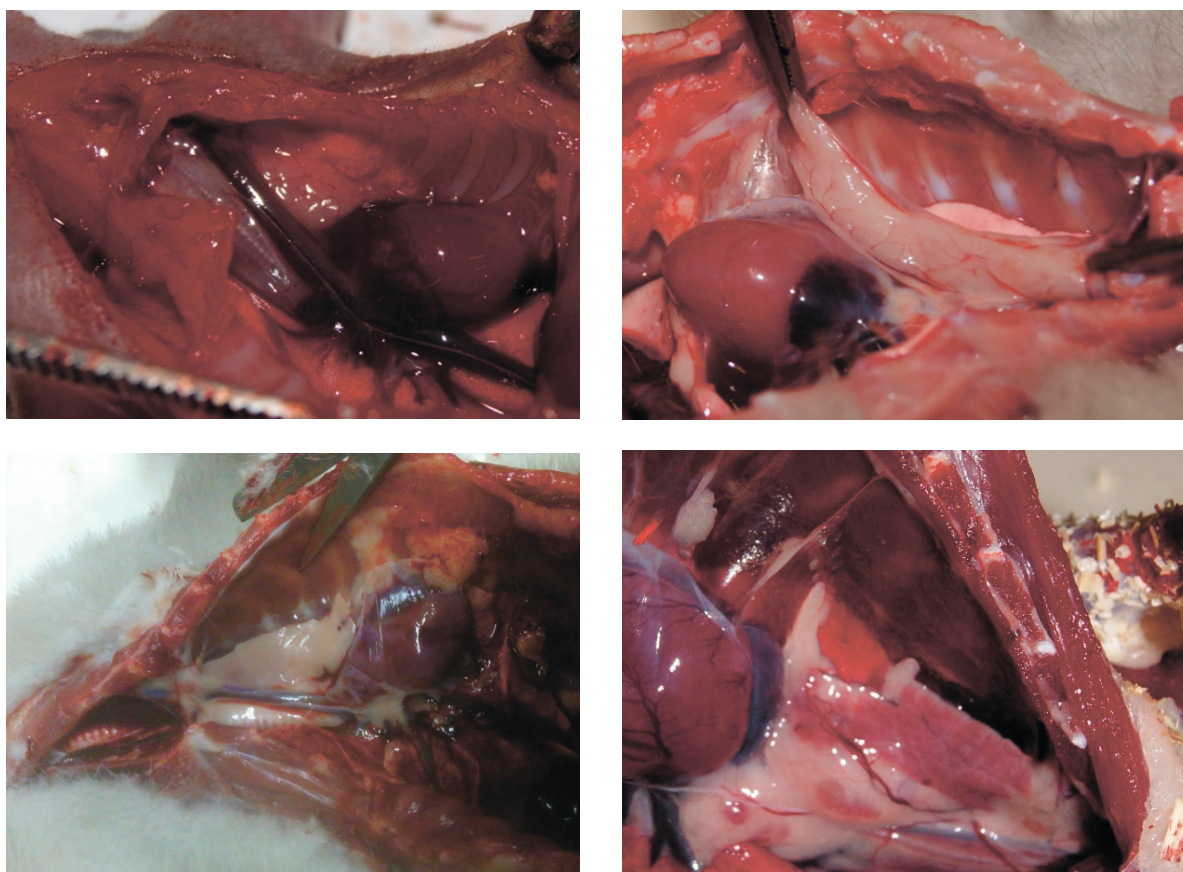


Рис. 1. Топография тимуса американской норки, нативный препарат: 1 – Standard, возраст 1 день, вид справа; 2 – Lavender, возраст 45 дней, вид слева; 3 – Lavender, возраст 90 дней, вид справа; 4 – Sapphire, возраст 180 дней, вид слева

Figure 1. Thymus topography of American mink, native preparation: 1 - Standard, 1-day old, right view; 2 - Lavender, 45 days old, left view; 3 - Lavender, 90 days old, right view; 4 - Sapphire, 180 days old, left view

са новорожденных располагается в области четвертого-пятого межреберья, доходя до основания сердца. К 180-дневному возрасту каудальной границей является шестое-седьмое межреберье, тимус заходит на основание сердца, прикрывая правое ушко. При выраженном липоматозе тимуса каудальный полюс смещается краниально до области пятого-шестого ребра.

Форма тимуса меняется с возрастом. У новорожденных норок он имеет форму пи-

рамиды с основанием в области основания сердца. Начиная с 40-дневного возраста тимус становится более узким, вытянутым, лентовидным.

Интенсивность роста тимуса в процессе онтогенеза непостоянна и зависит от индивидуальных особенностей, возраста и генотипа. Данные по весовым характеристикам тимуса представлены в табл. 1 и на рис. 2 и 3.

Таблица 1

Динамика весовых показателей тимуса американских норок Standard (+/+ +/+), Sapphire (a/a p/p), Lavender (a/a m/m) в разные возрастные периоды
Dynamics of thymus weights of American Mink Standard (+/+ +/+), Sapphire (a/a p/p), Lavender (a/a m/m) at different ages

Возраст, дней	Standard (+/+ +/+)		Sapphire (a/a p/p)		Lavender (a/a m/m)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1	$\frac{0,020 \pm 0,004}{0,18 \pm 0,03}$		$\frac{0,015 \pm 0,003}{0,16 \pm 0,03}$		$\frac{0,018 \pm 0,003}{0,17 \pm 0,03}$	
45	$\frac{0,83 \pm 0,15}{0,22 \pm 0,04}$	$\frac{0,50 \pm 0,07}{0,15 \pm 0,03}$	$\frac{0,51 \pm 0,09}{0,15 \pm 0,02}$	$\frac{0,49 \pm 0,07}{0,12 \pm 0,02}$	$\frac{0,58 \pm 0,07}{0,19 \pm 0,03}$	$\frac{0,45 \pm 0,02}{0,125 \pm 0,003}^{2*}$
90	$\frac{2,36 \pm 0,04}{0,27 \pm 0,02}$	$\frac{2,68 \pm 0,41}{0,23 \pm 0,03}$	$\frac{2,36 \pm 0,33}{0,29 \pm 0,05}$	$\frac{3,71 \pm 0,71}{0,31 \pm 0,04}$	$\frac{1,9 \pm 0,44}{0,25 \pm 0,06}$	$\frac{3,64 \pm 0,26}{0,32 \pm 0,02}^{2*}$
180	$\frac{0,64 \pm 0,07}{0,057 \pm 0,004}$	$\frac{0,97 \pm 0,21}{0,06 \pm 0,01}$	$\frac{0,81 \pm 0,14}{0,08 \pm 0,01}$	$\frac{0,60 \pm 0,18}{0,03 \pm 0,01}^{2*}$	$\frac{0,63 \pm 0,12}{0,07 \pm 0,01}$	$\frac{1,03 \pm 0,15}{0,06 \pm 0,01}$

Примечание. В числителе – абсолютная масса тимуса, г; в знаменателе – относительная масса, %; 1* – отличия между самцами Standard (+/+ +/+) и Lavender (a/a m/m) при $p < 0,05$; 2* – между самцами и самками внутри генотипа при $p < 0,05$.

Note. In numerator – absolute thymus mass, g; in denominator – relative mass, %; 1* – differences between males of Standard (+/+ +/+) and Lavender (a/a m/m) at $p < 0,05$; 2* – between males and females within genotype at $p < 0,05$.

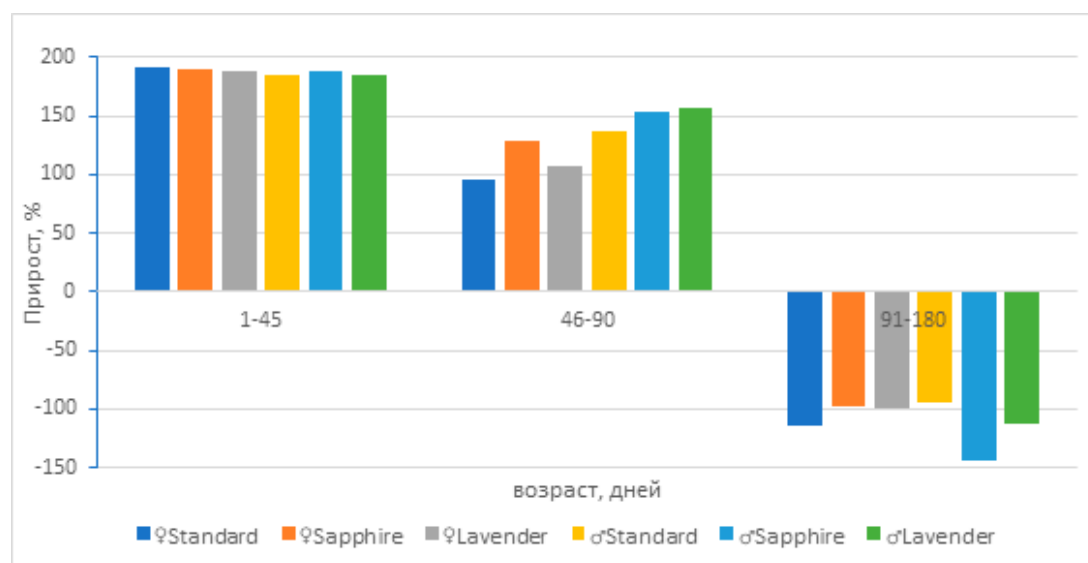


Рис. 2. Динамика относительного прироста массы тимуса американской норки в разные возрастные периоды
Figure 2. Dynamics of the relative increase in American mink thymus mass at different ages

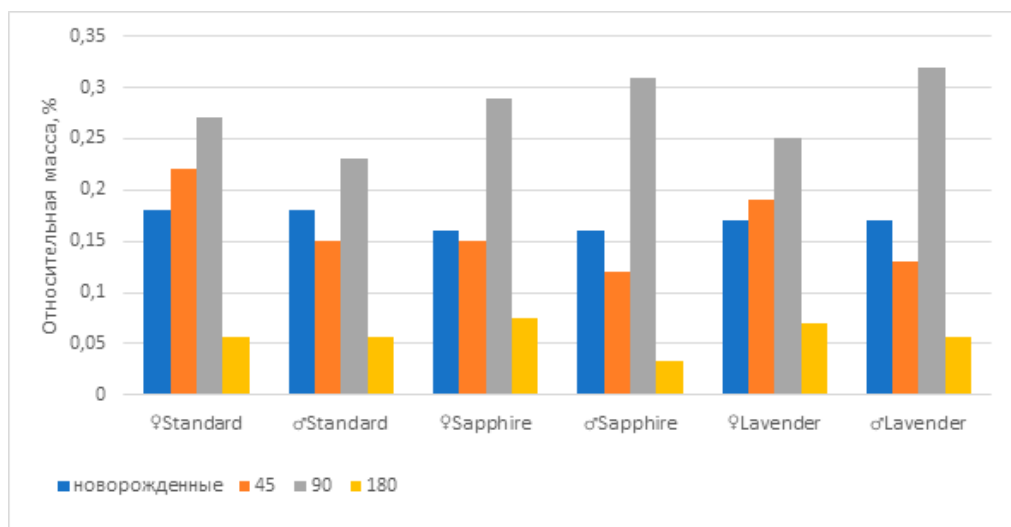


Рис. 3. Динамика относительной массы тимуса американской норки Standard, Sapphire, Lavender с момента рождения до 180-дневного возраста

Figure 3. Dynamics of relative thymus weight gain in American mink Standard, Sapphire, Lavender from birth to 180 days of age

Максимальная скорость роста тимуса отмечена в первый месяц жизни норок. Относительный прирост массы тимуса в период от рождения до момента отсадки у самцов и самок находился на одном уровне и составил от 184,62 до 190,59 %. В период 45–90 дней интенсивность роста тимуса снижается, при этом у самок темпы роста ниже, чем у самцов: относительный прирост массы органа составил у самок от 95,63% (генотип Standard) до 128,47 (генотип Sapphire), у самцов – от 134,11 (генотип Standard) до 155,61% (у генотипа Lavender). В возрастной период 90–180 дней рост тимуса останавливается и начинается естественный процесс – возрастная инволюция, характеризующаяся снижением относительной массы тимуса с максимальных значений (в возрасте 90 дней) до минимальных значений за исследуемый период к возрасту 180 дней, составив у самцов Sapphire 0,03 %, у самок и самцов Standard и самцов Lavender – 0,06, у самок цветных генотипов – 0,07–0,08%.

Скорость инволютивных процессов в тимусе различна между генотипами, а у цветных генотипов отличается между самками и самцами. У новорожденных самок и самцов Standard относительная масса тимуса в 3 раза превышает данный показатель в возрасте 180 дней. У норок цветных генотипов инво-

люция тимуса более интенсивно протекает у самцов. У новорожденных норок Sapphire относительная масса тимуса превышает такую в возрасте 180 дней у самцов в 5,3 раза, у самок – в 2 раза ($p < 0,05$), а у норок Lavender соответственно в 2,8 и в 2,4 раза.

Выявлено влияние генотипа и пола на весовые показатели тимуса в определенные возрастные периоды. В 40-дневном возрасте относительная масса тимуса самок Lavender была выше, чем у самцов данного генотипа, на 6,58 % ($p < 0,05$). В возрасте 90 дней у самцов норок Lavender относительная масса тимуса в 1,39 раз превышала данные самцов Standard ($p < 0,05$), составив $0,32 \pm 0,02\%$. В 180-дневном возрасте тимус самцов Sapphire имел наименьшую относительную массу ($0,03 \pm 0,01\%$) и отличался в 2,42 раза от данных самок Sapphire ($p < 0,05$).

При микроскопическом исследовании тимуса норок всех генотипов в исследуемые возрастные периоды отмечаются общие признаки в строении органа, однако прослеживаются и особенности, связанные с генотипом и возрастом.

Снаружи тимус покрыт тонкой соединительнотканной капсулой. От капсулы вглубь органа отходят перегородки, разделяющие паренхиму органа на дольки разной формы и величины. Дольчатое строение сохраняется

на протяжении всего исследуемого периода. Форма тимических долек имела четкие отличия в каждом возрастном периоде, сохраняя общие черты между генотипами.

У новорожденных норок преобладающая форма долек – округло-овальная, овальная, полигональная с закругленными краями. Края долек ровные. Визуально ширина долек примерно равна длине или незначительно ее превышает. У всех генотипов отмечены на срезах дольки, в которых имеется связь между собой мозговых зон паренхимы. Наибольшее количество таких долек регистрируется в тимусе новорожденных щенков норок генотипов Sapphire и Lavender. На срезах просматриваются мелкие дольки, состоящие из коркового вещества, окрашенные базофильно без более светлого центра. Соединительнотканые перегородки тонкие.

В исследуемые периоды не было выявлено зависимости между размером тимических долек и относительной массой тимуса.

Долька тимуса норки имеет типичное строение, характерное для большинства млекопитающих, в ней выделяется корковое и мозговое вещество. Новорожденные норки Lavender имели более широкое корковое вещество (табл. 2). Площадь сечения корковой зоны, выраженная в процентах, составила $85,4 \pm 0,66$ %, что на 3,86 % превышает показатель Sapphire и на 4,27 % – Standard ($p < 0,05$). Площадь мозговой зоны тимуса у норки Lavender соответственно несколько уменьшалась ($p < 0,05$). Однако данная разница в площадях не привела к достоверно значимым различиям значения корково-мозгового индекса.

Таблица 2

Морфометрические показатели тимуса новорожденных американских норк Standard, Sapphire, Lavender
Morphometric indices of the thymus of newborn American minks Standard, Sapphire, Lavender

Генотип	Площадь сечения дольки, мм ²	Площадь корковой зоны		Площадь мозговой зоны,		Корково-мозговой индекс	Кол-во телец Гассалья
		мм ²	%	мм ²	%		
Standard	$0,13 \pm 0,03$ *	$0,10 \pm 0,02$	$81,13 \pm 1,30$ *	$0,027 \pm 0,009$ *	$18,83 \pm 1,30$ *	$4,15 \pm 0,44$	$1,43 \pm 0,22$ *
Sapphire	$0,14 \pm 0,01$ *	$0,11 \pm 0,01$	$81,54 \pm 0,65$ *	$0,027 \pm 0,004$ *	$18,24 \pm 0,70$ *	$4,37 \pm 0,39$	$1,29 \pm 0,22$ **
Lavender	$0,22 \pm 0,04$	$0,18 \pm 0,06$	$85,4 \pm 0,66$	$0,04 \pm 0,02$	$14,6 \pm 0,66$	$4,87 \pm 0,31$	$3,4 \pm 0,52$

* Отличия значений данного генотипа и Lavender при $p < 0,05$, ** при $p < 0,001$.

* Differences between values of this genotype and Lavender at $p < 0,05$, ** at $p < 0,001$.

В мозговом веществе располагаются тельца Гассалья, находящиеся на разных стадиях развития. Среди них чаще преобладали прогрессивные тельца (одноклеточные, юные и молодые), зрелые встречались единично. Рядом расположенные тельца могут соединяться друг с другом с формированием конгломератов. Наибольшее количество телец Гассалья зафиксировано в дольке тимуса норки Lavender – $3,40 \pm 0,52$, что превышает показатель Sapphire в 2,6 раза ($p < 0,001$), Standard – в 2,4 раза ($p < 0,05$).

В 45 и 90 дней гистоархитектоника тимуса сохранена. Большинство долек вытянутые, узкие, визуально длина значительно превышает ширину. Преобладающая форма долек – ланцетовидная узкая, овальная и полигональная. Края долек ровные; в местах

расположения липоцитов в строме край фестончатый. С 90-дневного возраста норки на срезах отмечаются слияния некоторых долек с формированием крупных долек полигональной формы.

Отмечается разрастание соединительнотканых структур между дольками и вокруг сосудов, что приводит у некоторых особей к утолщению междольковых септ и лучшей визуализации кровеносных сосудов.

В тимусе большинства животных отмечены первоначальные элементы регрессии – появление единичных липоцитов в междольковых септах, у некоторых животных липоциты располагаются скоплениями, приводя к замещению незначительных участков паренхимы тимуса жировой тканью.

Микроскопическое строение в эти возрастные периоды имеет общие черты. Влияние генотипа и пола на большинство морфометрических показателей тимуса самок и самцов американских норок в возрасте 45 и 90 дней не выявлено, за исключением норки Lavender в возрасте 45 дней.

В возрасте 45 дней у самок норки Lavender тимические дольки имеют максимальный размер ($0,76 \pm 0,16 \text{ мм}^2$) по сравнению с другими генотипами (табл. 3), как и у новорожденных, превышая показатели самок Standard на 47,38% ($p < 0,05$) и самцов своего генотипа на 55,26% ($p < 0,05$). Резкая разница в размерах дольки самок и самцов Lavender приводила к разнице линейных показателей коркового и мозгового вещества в 1,74 раза ($p < 0,05$).

Тельца Гассалья, как и у новорожденных, встречаются не во всех дольках. Чаще преобладают юные и молодые формы, одноклеточные и зрелые встречаются единично. Несмотря на одинаковый состав телец, их количество имело отличия между генотипами и между самцами и самками. Наибольшее количество телец зафиксировано у самок норки Sapphire – $7,77 \pm 1,18$, что в 1,8 раза превышает количество телец у самок Standard ($p < 0,05$) и в 3 раза – показатель самцов данного генотипа ($p < 0,001$).

Относительно предшествующего возрастного периода (1 день) отмечается увеличение количества телец Гассалья в дольках самцов в 2 раза, у самок Standard, Sapphire, Lavender – в 3; 2,4 и 6 раз, соответственно ($p < 0,001$).

К 90-дневному возрасту происходит выравнивание морфометрических показателей и между генотипами, и между самками и самцами внутри генотипа. Достоверных отличий между исследуемыми параметрами выявлено не было (табл. 4).

В дольках тимуса 90-дневных норк деление на зоны хорошо просматривается, корково-мозговая граница четкая. В мозговом веществе располагаются тельца Гассалья на разных стадиях развития. У самок и самцов норки Standard преобладают юные тельца и достаточно часто визуализируются одноклеточные,

в то время как зрелые и молодые встречаются реже. У норки цветных генотипов преобладающими являются молодые и юные тельца Гассалья. Относительно предшествующего периода (45 дней) к 90-дневному возрасту у самцов Standard и Sapphire зафиксировано увеличение числа телец в дольке в 3,15 и 2,4 раза соответственно ($p < 0,05$). У самок этих же генотипов отмечено снижение количества телец в 1,2 раза у Standard и 2,1 раза у Sapphire.

Признаки липоматоза тимуса остаются на уровне 45-дневных норк. У нескольких норк выявляются единичные липоциты в паренхиме.

Тимус американских норк в возрасте 180 дней сохраняет типичное морфологическое строение, но уже отчетливо просматриваются признаки возрастных инволютивных процессов – уменьшение площади долек, расширение мозгового вещества, изменение структуры органа (слияние долек), увеличение признаков жировой трансформации тимуса.

Железа состоит из долек с четким делением на корковое и мозговое вещество. Стирание корково-мозговой границы с потерей деления дольки на зоны отмечено только у одного самца Sapphire. Тимические дольки длинные, ланцетовидные, узкие, ширина долек колеблется от узких вытянутых до широких, занимающих почти всё поле зрения. Увеличивается количество слившихся долек с формированием крупных неопределенной формы долек, размер которых значительно превышает средний.

Дольки тимуса имеют более мелкие размеры по сравнению с 90-дневным возрастом, за исключением самцов генотипа Lavender, сохранивших размер тимических долек на прежнем уровне. Снижение общей площади дольки в тимусе норки Standard у самок зафиксировано на 63,4%, у самцов – на 44,5, в тимусе норки Sapphire – на 40,2 и 52,9% соответственно (табл. 5). В тимусе самцов Lavender площадь дольки в среднем составляет $1,22 \pm 0,07 \text{ мм}^2$, что достоверно превышает показатель самцов генотипов Standard и Sapphire в 1,51 и 1,88 раза соответственно. Внутри генотипа Lavender отмечено отличие данного параметра между самцами и самками на 46,72% ($p < 0,05$).

Таблица 3

Морфометрические показатели тимуса американской норки в возрасте 45 дней
Morphometric indexes of the thymus of American mink at the age of 45 days

Генотип	Пол	Площадь сечения дольки, мм ²	Площадь корковой зоны		Площадь мозговой зоны,		Корково- мозговой индекс	Кол-во телец Гассала
			мм ²	%	мм ²	%		
Standard (+/+ +/+)	♀	0,40±0,03	0,28±0,03	68,05±5,35	0,15±0,02	32,20±5,26	1,94±0,36	4,33±0,61
	♂	0,48±0,11	0,28±0,06	63,88±2,61	0,16±0,04	34,77±2,3	2,18±0,25	2,44±0,6 ^{*2}
Sapphire (a/a p/p)	♀	0,45±0,09	0,27±0,07	58,74±3,26	0,21±0,04	41,26±3,26	1,27±0,15	7,77±1,18 ^{*1}
	♂	0,34±0,03	0,23±0,01	61,33±2,61	0,16±0,02	38,67±2,61	1,58±0,25	2,73±0,57 ^{*2}
Lavender (a/a m/m)	♀	0,76±0,16 ^{*1}	0,47±0,09	65,34±2,33	0,29±0,08	34,66±2,33	1,81±0,2	5,27±0,94
	♂	0,34±0,07 ^{*2}	0,27±0,05	70,18±3,8	0,11±0,02 ^{*2}	29,83±3,8	2,44±0,47	4,57±1,19

^{*1}. Отличия значений данного генотипа и Standard (+/+ +/+), ^{*2} самок и самцов внутри генотипа при p < 0,05; ^{**2} самок и самцов внутри генотипа при p < 0,001.
^{*1}. Differences between values of this genotype and Standard (+/+ +/+), ^{*2} females and males within genotype at p < 0.05; ^{**2} females and males within genotype at p < 0.001.

Таблица 4

Морфометрические показатели тимуса американской норки в возрасте 90 дней
Morphometric indices of American mink thymus at 90 days of age

Генотип	Пол	Площадь сече- ния дольки, мм ²	Площадь корковой зоны		Площадь мозговой зоны		Корково- мозговой индекс	Кол-во телец Гассала
			мм ²	%	мм ²	%		
Standard (+/+ +/+)	♀	1,61±0,20	1,26±0,15	80,51±1,53	0,34±0,04	19,50±1,53	3,69±0,015	3,73±0,92
	♂	1,46±0,39	1,17±0,34	80,23±1,31	0,28±0,06	19,77±1,31	4,07±0,45	7,7±2,14
Sapphire (a/a p/p)	♀	0,97±0,15	0,74±0,09	77,81±2,99	0,23±0,07	22,19±2,99	3,37±0,57	3,63±1,02
	♂	1,38±0,64	1,07±0,53	76,83±2,52	0,31±0,11	23,17±2,52	3,22±0,58	6,55±1,68
Lavender (a/a m/m)	♀	0,97±0,22	0,76±0,17	80,25±0,87	0,21±0,05	19,75±0,87	3,81±0,20	6,7±2,04
	♂	1,08±0,12	0,88±0,078	81,70±1,35	0,21±0,04	18,3±1,35	4,26±0,46	3,44±1,09

Таблица 5

Морфометрические показатели тимуса американской норки в возрасте 180 дней
Morphometric indices of American mink thymus at 180 days of age

Генотип	Пол	Площадь сечения доли, мм ²	Площадь корковой зоны		Площадь мозговой зоны		Корково-мозговой индекс	Кол-во телец Гассала
			мм ²	%	мм ²	%		
Standard (+/+ +/+)	♀	0,59±0,11	0,43±0,08	73,19±1,57	0,16±0,03	26,81±1,57	2,73±0,16	4,69±1,07
	♂	0,81±0,12 * ¹	0,50±0,06 * ¹	63,60±2,51 * ²	0,31±0,07 * ²	36,40±2,51 * ²	1,65±0,15 * ²	7,4±1,8
Sapphire (a/a p/p)	♀	0,58±0,07	0,40±0,06	68,46±2,66	0,18±0,02	31,55±2,66	2,16±0,28	3,25±0,69
	♂	0,65±0,08 * ¹	0,44±0,06 * ¹	68,78±2,29 * ¹	0,21±0,03 * ¹	31,22±2,29 * ¹	2,10±0,24	5,08±0,96
Lavender (a/a m/m)	♀	0,65±0,14	0,42±0,1	65,48±3,00	0,23±0,05	34,53±3,00	1,85±0,24	3,91±1,09
	♂	1,22±0,07 * ²	0,76±0,04 * ²	62,97±0,52	0,47±0,03 * ²	37,03±0,52	1,63±0,07	5,82±1,3

*¹ Отличия значений данного генотипа и Lavender (a/a m/m), *² самок и самцов внутри генотипа при p < 0,05.

*¹ Difference in values between this genotype and Lavender (a/a m/m), *² two females and males within genotype at p < 0.05.

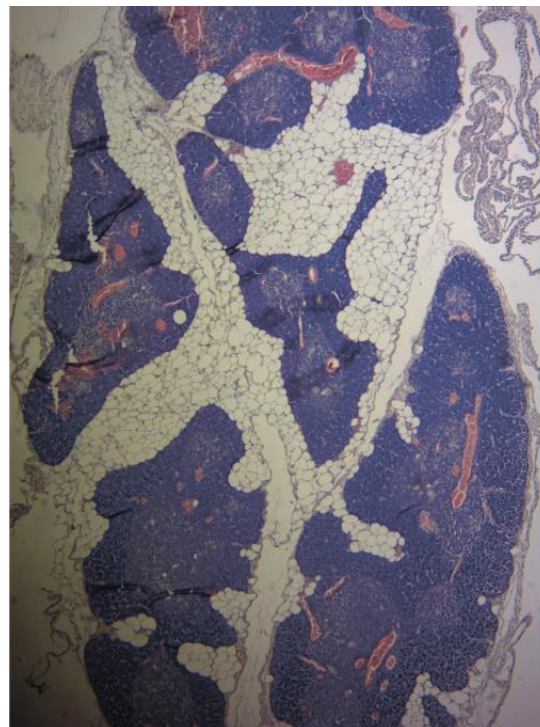
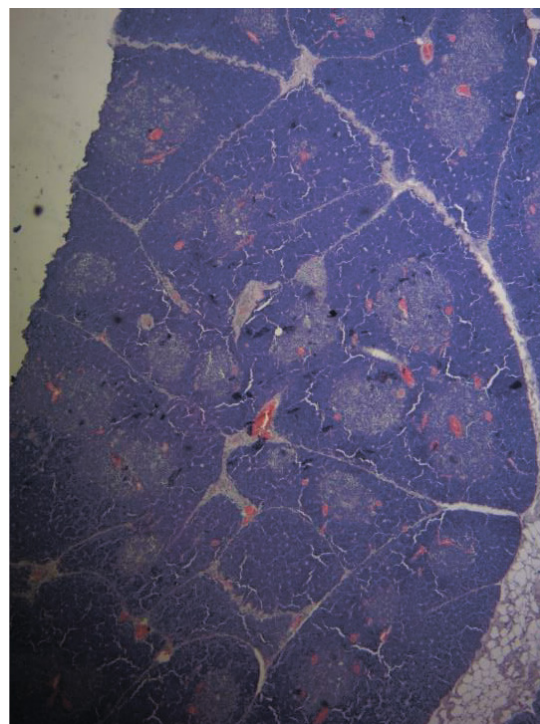


Рис. 4. Тимус американской норки Sapphire, возраст 180 дней. А – без признаков липоматоза; Б – выраженный липоматоз тимуса.

Окраска гематоксилин-эозином. Ув. ×10

Figure 4. The thymus of American Sapphire mink, 180 days old: A - no signs of lipomatosis; B - marked lipomatosis of the thymus.

Staining with hematoxylin-eosin. Spec. ×10

Возрастные изменения организации тимуса приводят к тому, что у норок 180-дневного возраста капсула органа и междольковые септы утолщаются вследствие увеличения количества соединительнотканых структур, а также значительной инфильтрации их липоцитами. Степень выраженности липоматоза носит индивидуальный характер. Во всех исследуемых группах присутствуют особи с ярко выраженным липоматозом и в то же время в этих же группах у других особей отмечается незначительное скопление липоцитов в септах (рис. 4).

Относительная площадь корковой зоны составила у норок Sapphire 68–69%, у норок Lavender – 63–65%. У норок генотипа Standard распределение коркового и мозгового вещества внутри дольки зависело от пола. У самцов отмечено сужение корковой зоны и соответственно расширение мозговой зоны по сравнению с самками на 9,6% ($p < 0,05$), что приводило к снижению корково-мозгового индексов самцов на 39,6% – до $1,65 \pm 0,15$ ($p < 0,05$).

В мозговой зоне тимуса располагаются тельца Гассалья. Они представлены молодыми, юными и зрелыми формами. Одноклеточные тельца встречаются единично и не во всех дольках.

Тельца Гассалья являются активным эпителиальным компонентом тимуса. Количество телец Гассалья и их морфология зависит от функциональной активности тимуса.

По сравнению с предшествующим периодом (возраст 90 дней) увеличивается количество зрелых телец и молодых с признаками разрушения центральной клетки с накоплением детрита и формированием полости. Достоверных отличий в количестве телец между генотипами и между самцами и самками внутри генотипа не выявлено, однако намечается тенденция к увеличению количества телец у самцов по сравнению с самками.

Количество телец Гассалья в дольке тимуса по сравнению с предшествующим периодом (возраст 90 дней) у самцов Standard и самок Sapphire осталось без изменения, у самок Standard и самцов Lavender увеличилось на

1 и на 2 тельца соответственно, а у самцов Sapphire и самок Lavender отмечено снижение количества телец – на 2 у самцов и 3 у самок.

Анализ данных морфологического исследования показывает, что увеличение тимуса до 90 дней происходит за счет возрастания количества вновь образующихся долек. При этом до 45 дней площадь долек увеличивается в основном за счет мозгового вещества, а в период 45–90 дней – за счет увеличения площади коркового вещества. К 180 дням происходит резкое снижение массы тимуса, обусловленное уменьшением и количества, и размеров долек.

Линейные показатели корковой и мозговой зон являются показателями функциональной активности тимуса. Во всех группах от рождения до 90-дневного возраста отмечено последовательное увеличение линейных показателей коркового и мозгового вещества, при этом до 45 дней более интенсивно увеличивается площадь мозгового вещества, а в период 45–90 дней – коркового. К 180-дневному возрасту во всех группах зафиксировано снижение абсолютных значений коркового и мозгового вещества у самок Standard и норок Sapphire в 1,5–2 раза, в то время как у норок Lavender и у самцов Sapphire происходит расширение мозгового вещества также в 1,5–2 раза.

Несмотря на последовательное увеличение линейных показателей коркового вещества с момента рождения до 90-дневного возраста, при выражении площади коркового и мозгового вещества в процентах можно увидеть, что динамика изменений площади коркового и мозгового вещества в этот период носит волнообразный характер. К моменту отсадки (45 дней) доля коркового вещества снижается в 1,2–1,4 раза, а доля мозгового вещества увеличивается 1,9–2,3 раза во всех группах. К возрасту 90 дней доля коркового вещества в группах повышается в 1,25 раза, а доля мозгового – уменьшается в 1,6–1,9 раза. В 180 дней зафиксировано снижение доли коры в 1,1–1,3 раза и расширение медулы в 1,4–2 раза.

Динамика корково-мозгового индекса от рождения до 180 дней также имеет вид синусоидальной кривой. Прямой зависимости между генотипом, полом и скоростью изменения корково-мозгового индекса не выявлено. Морфологические изменения в тимусе зачастую являются следствием воздействия различных факторов внешней среды. К моменту отсадки во всех группах произошло снижение корково-мозгового индекса, что может свидетельствовать о стресс-воздействии на норчат такого фактора, как уменьшение объема молока у кормящих самок и приучение к новому взрослому типу питания. Наиболее резкое снижение показателя зафиксировано у цветных генотипов: самок *Sapphire* – в 3,4 раза и у самцов *Sapphire* и самок *Lavender* – в 2,7 раза. Адаптация норчат к новым условиям существования и питания после отсадки и до 90-дневного возраста приводит к восстановлению структуры тимуса и увеличению корково-мозгового индекса у самцов всех генотипов и у самок генотипов *Standard* и *Lavender* в 2 раза, у самок *Sapphire* – в 2,7 раза ($p < 0,05$). К 180-дневному возрасту начинаются процессы возрастной трансформации тимуса, проявляющиеся сужением коркового вещества и соответственно снижением корково-мозгового индекса. Наиболее резко изменение данного показателя произошло у самцов *Standard* и *Lavender* (в 2,5 раза) и у самок *Lavender* (в 2,1 раза). У самцов *Sapphire* и самок *Standard* и *Sapphire* корково-мозговой индекс снизился в 1,5 раза по сравнению с предшествующим периодом.

ВЫВОДЫ

1. Анатомическое строение и топография тимуса не зависят от особенностей генотипа и половой принадлежности, но имеются характерные возрастные отличия. У новорожденных щенков краниальный полюс тимуса располагается на уровне 1-го ребра с незначительным выступлением в область шеи, каудальный полюс располагается на уровне четвертого-пятого межреберья, доходя до основания сердца. К 6-месячному возрасту кра-

ниальный полюс находится в области первого-второго (иногда третьего) межреберья. К 180-дневному возрасту каудальной границей является шестое – седьмое межреберье, тимус прикрывает правое ушко сердца.

2. Тимус новорожденных норок имеет дольчатую структуру, пирамидальную форму с широким краем в области основания сердца, с 40-дневного возраста становится узким, лентовидным. Форма тимических долек зависит от возраста: у новорожденных – округло-овальная, полигональная с закругленными краями, в 45–90 дней – ланцетовидная, овальная и полигональная. С 90 дней наблюдается слияние долек с формированием крупных долек полигональной формы.

3. Относительная и абсолютная масса тимуса зависит от генотипа, возраста и пола. Максимальные значения отмечены в возрасте 90 дней, минимальные – в возрасте 180 дней. Превышение относительной массы тимуса новорожденных норок по сравнению с возрастным периодом 180 дней составило: у норок *Sapphire* – в 5,3 раза у самцов и в 2 раза у самок, *Standard* – в 3 раза (у самцов и самок), *Lavender* – в 2,8 раза (у самцов) и в 2,4 раза (у самок).

4. Наибольшее значения относительный прирост массы тимуса достигает к моменту отсадки и находится на одинаковом уровне у самцов и самок разных генотипов (184,62 – 190,59%). В возрасте 45–90 дней интенсивность роста тимуса снижается со значительным отличием показателей как на уровне генотипа, так и принадлежности к полу: у самок от 95,63 (генотип *Standard*) до 128,47 (генотип *Sapphire*); у самцов – от 134,11 (генотип *Standard*) до 155,61% (генотип *Lavender*). В возрастной период 90–180 дней рост тимуса останавливается, относительная масса с максимальных значений в возрасте 90 дней снижается до минимальных значений по отношению к указанному периоду, составив у самцов *Sapphire* 0,03%, у самок и самцов *Standard* и самцов *Lavender* – 0,06, у самок цветных генотипов – 0,07–0,08%.

5. До момента отсадки в ответ на воздействие факторов внешней среды происходят

морфологические изменения тимуса, проявляющиеся сужением корковой зоны и снижением корково-мозгового индекса. При этом отмечается наиболее интенсивный рост тимуса с увеличением количества долек.

6. Тимус норок 45–90 дней характеризуется выравниванием показателей между генотипами, происходит увеличение значений корковой зоны примерно до уровня новорожденных с соответствующим увеличением корково-мозгового индекса. Рост тимуса в данный период обусловлен также увеличением количества вновь образующихся долек. Тимус норок 90–180 дней сохраняет типичное морфологическое строение, но уже отчетливо просматриваются признаки возрастных инволютивных процессов – уменьшение площади долек, расширение мозгового вещества, изменение структуры органа (слияние долек), увеличение признаков жировой трансформации. Скорость инволютивных процессов в тимусе

различна между генотипами, а у цветных генотипов отличается между самками и самцами.

7. Тельца Гассалья обнаруживаются в мозговом веществе во все периоды исследования. Количество телец Гассалья и их морфология зависят от функциональной активности тимуса. У новорождённых преобладали одноклеточные, юные и молодые формы, у 45-дневных норок – юные и молодые, у 90-дневных самок и самцов норок Standard преобладают юные тельца и достаточно часто визуализируются одноклеточные, в то время как зрелые и молодые встречаются реже. У норок цветных генотипов преобладающими являются молодые и юные тельца Гассалья. К возрасту 180 дней увеличивается количество зрелых телец и молодых с признаками разрушения центральной клетки с накоплением детрита и формированием полости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьменко Л.Г., Киселев Н.М., Симонова А.В. Старение и тимус // Здоровье и образование в XXI веке. – 2013. – Т. 15, № 1. – С. 170–175.
2. Биологические основы ветеринарной неонатологии / Х.Б. Баймишев, Б.В. Криштофорова, И.В. Хрусталева [и др.]. – Самара: СГСХА, 2013. – 452 с.
3. Тумилович Г.А. Структурно-функциональная организация вилочковой железы телят с разной степенью физиологической зрелости при рождении // Молодежь и инновации – 2013: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Горки: БГСХА, 2013. – Ч. 3. – С. 323–326.
4. Анатомо-морфологические особенности и способы оценки поперечного размера и объема вилочковой железы у детей [Электронный ресурс] / И.В. Силантьева, Ю.И. Ровда, О.С. Бадьина, Г.А. Хасанова // Мать и Дитя в Кузбассе. – 2011. – №2. – С. 11–16. – Режим доступа: <https://mednauki.ru/index.php/MD/issue/viewIssue/43/42> (дата обращения: 22.08.2021).
5. Болезни вилочковой железы / В.П. Харченко, Д.С. Саркисов, П.С. Ветшев, О.В. Зайратьянц. – М.: Триада-Х, 1998. – 232 с.
6. Биктеев Ш.М., Сеитов М.С. Морфофункциональные особенности вилочковой железы козы оренбургской пуховой породы в онтогенезе в норме и при микointоксикации [Электронный ресурс] // Известия ОГАУ. – 2007. – №15–1. – С. 122–125. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-funktsionalnye-osobennosti-vilochkovoy-zhelezy-kozy-orenburgskoy-puhovoy-porody-v-ontogeneze-v-norme-i-pri-mikointoksikatsii> (дата обращения: 23.08.2021).
7. Газизова А.И. Гистоморфология и функциональное состояние тимуса в возрастном аспекте у крупного рогатого скота [Электронный ресурс] // 3i: intellect, idea, innovation – интеллект, идея, инновация. – 2016. – № 1. – С. 31–36. – Режим доступа: <http://3i.ksu.edu.kz/files/3i/3i-1-2016-1.pdf> (дата обращения: 22.08.2021).

8. *Фисенко С.П.* Морфологическая характеристика щитовидной железы и тимуса молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой породы: автореф. ... дис. канд. биол. наук. [Электронный ресурс] – Саранск, 2009. – 23 с. – Режим доступа: <https://viewer.rusneb.ru/ru/rsl01004609686?page=1&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 21.08.2021).
9. *Фаизова Г.М., Ситдиов Р.И., Каримова А.З.* Морфогенез тимуса индеек в постэмбриональном онтогенезе [Электронный ресурс] // Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии животных: сб. тр. III Всерос. интернет-конф., Казань, 03–06 апреля 2012 г. – Казань: ИП Синяев Д.Н., 2012. – С. 122. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21610779> (дата обращения: 21.08.2021).
10. *Фрейдлин И.С.* Загадки тимуса. Возраст и иммунитет [Электронный ресурс] // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №5 – С. 26–29. – Режим доступа: http://www.pereplet.ru/pauka/Soros/pdf/9705_026.pdf (дата обращения: 21.08.2021).
11. *Вилочковая железа в постнатальном онтогенезе белых крыс / И.С. Рожкова, Д.Л. Теплый, Б.В. Фельдман, М.Н. Тризно* [Электронный ресурс] // Астраханский медицинский журнал. – 2013. – Т. 8, № 1. – С. 211–214. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19144003> (дата обращения: 20.08.2021).
12. *Зайратьянц О.В.* Гиперплазия тимуса: классификация, вопросы пато- и морфогенеза, место в патологии человека // Архив патологии. – 1991. – № 10. – С. 3–12.
13. *Цыбикова Р.Н.* Гистоструктура тимуса яков бурятского экотипа в постнатальном онтогенезе [Электронный ресурс] // КрасГАУ, 2007. – №4. – С. 107–113 Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gistostrukтура-timusa-yakov-buryatskogo-ekotipa-v-postnatalnom-ontogeneze> (дата обращения: 21.08.2021).
14. *Юрчинский В.Я.* Системный сравнительно-анатомический анализ тимуса наземных позвоночных животных и человека: построение дискриминантной математической модели [Электронный ресурс] // Вестник новых медицинских технологий. – 2015. – №3. Режим доступа: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (дата обращения: 19.08.2021).
15. *Усенко В.И., Константинова И.С., Булатова Э.Н.* Тимусные тельца в органе пушных зверей после применения биологически активных веществ [Электронный ресурс] // Ученые записки КГБВМ им. Н.Э. Баумана, 2012. – Т. 212. – С. 181–185. – Режим доступа: <https://kazanveterinary.ru/science-innovation/scientific-notes/> (дата обращения: 23.08.2021).
16. *Морфометрические показатели внутренних органов норки сканблэк в условиях Северного Кавказа / А.А. Ходусов, М.Е. Пономаренко, А.Н. Квочко В.С. Скрипкин, В.И. Коноплев* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1(75). – С. 185–189.
17. *Мороз Г.А.* Морфофункциональные особенности тимуса двенадцатимесечных крыс при многократно повторяющемся гипергравитационном воздействии // Морфология. – 2010. – Т. IV, № 3. – С. 23–27.
18. *Парфенюк И.Н.* Патоморфология иммунной системы при жировом гепатозе норок: автореф. ... дис. канд. вет. наук [Электронный ресурс]. – СПб., 2004. – 24 с. – Режим доступа: <http://medical-diss.com/veterinariya/patomorfologiya-immunnoy-sistemy-pri-zhirovom-gepatозe-norok> (дата обращения: 23.08.2021).

REFERENCES

1. Kuz'menko L.G., Kiselev. N.M., Simonova A.V, *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*, 2013, T.15, No.1, pp. 170–175. (In Russ.)

2. Baimishev Kh.B., Krishtoforova B.V., Khrustaleva I.V., Lemeshchenko V.V., Stegnei Zh.G., *Biologicheskie osnovy veterinarnoi neonatologii* (Biological bases of veterinary neonatology), Samara: SGSKhA, 2013, 452 p.
3. Tumilovich G.A., *Molodezh' i innovatsii* – 2013 (Youth and innovation – 2013), Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists, Gorki: BGSKhA, 2013, part 3, pp. 323–326. (In Russ.)
4. Silant'eva I.V., Rovda Yu.I., Bad'ina O.S., Khasanova G.A., *Mat' i Ditya v Kuzbasse*, 2011, No. 2, pp. 11–16. available at: <https://mednauki.ru/index.php/MD/issue/viewIssue/43/42> (August 22, 2021)
5. Kharchenko V.P., Sarkisov D.S., Vetshev P.S., Zairat'yants O.V., *Bolezni vilochkovoi zhelezy* (Diseases of the thymus gland), Moscow: Triada-Kh, 1998, 232 p.
6. Bikteev Sh.M., Seitov M.S., *Izvestiya OGAU*, 2007, No. 15-1, pp. 122 – 125, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-funktsionalnye-osobennosti-vilochkovoy-zhelezy-kozy-orenburgskoy-puhovoy-porody-v-ontogeneze-v-norme-i-pri-mikointoksikatsii> (August 22, 2021).
7. Gazizova A.I., *3i: intellect, idea, innovation – intellekt, ideya, innovatsiya*, 2016, No. 1, pp. 31–36, available at: <http://3i.ksu.edu.kz/files/3i/3i-1-2016-1.pdf> (August 22, 2021).
8. Fisenko S.P., *Morfologicheskaya kharakteristika shchitovidnoi zhelezy i timusa molodnyaka krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody* (Morphological characteristics of the thyroid gland and thymus of young black-and-white cattle), Extended abstract of candidate's thesis, Saransk, 2009, 23 p., available at: <https://viewer.rusneb.ru/ru/rs101004609686?page=1&rotate=0&theme=white> (August 21, 2021).
9. Faizova G.M., Sitdiov R.I., Karimova A.Z., *Sovremennye problemy anatomii, gistologii i embriologii zhivotnykh* (Modern problems of animal anatomy, histology and embryology): Proceedings of the 3rd All-Russian Internet-Conference, April, 03–06, 2012, Kazan': IP Sinyaev D.N., 2012, pp. 122–123, available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21610779> (August 21, 2021).
10. Freidlin I.S., *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal*, No. 5, 1997, pp. 26–29, available at: http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9705_026.pdf (August 21, 2021).
11. Rozhkova I.S., Teplyi D.L., Fel'dman B.V., Trizno M.N., *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal*, 2013, Vol. 8, No. 1, pp. 211–214. available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19144003> (August 21, 2021).
12. Zairat'yants O.V., *Arkhiv patologii*, 1991, No. 10, pp. 3–12. (In Russ.)
13. Tsybikova R.N., *KrasGAU*, 2007, No. 4, pp. 107–113, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/gistostruktura-timusa-yakov-buryatskogo-ekotipa-v-postnatalnom-ontogeneze> (August 21, 2021).
14. Yurchinskii V.Ya., *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 2015, No. 3 available at: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-3/5176.pdf> (August 21, 2021).
15. Usenko V.I., Konstantinova I.S., Bulatova E.N., *Uchenye zapiski KGAVM im. N.E. Baumana*, 2010, Vol. 201, pp. 343–347, available at: <https://kazanveterinary.ru/science-innovation/scientific-notes/> (August 21, 2021).
16. Khodusov A.A., Ponomarenko M.E., Kvochko A.N., Skripkin V.S., Konoplev V.I., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019, No. 1 (75), pp. 185–189. (In Russ.)
17. Moroz G.A., *Morfologiya*, 2010, Vol. IV, No. 3, pp. 23–27. (In Russ.)
18. Parfenyuk I.N., *Patomorfologiya immunnoi sistemy prizhirovom gepatoze norok* (Pathomorphology of the immune system in fatty hepatosis of mink), Extended abstract of candidate's thesis, Saint Petersburg, 2004, 24 p., available at: <https://viewer.rusneb.ru/ru/rs101004609686?page=1&rotate=0&theme=white> (August 21, 2021).

ОСОБЕННОСТИ ВОЗРАСТНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЖНО-ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ПАМИРСКОГО ЭКОТИПА ЯКОВ, РАЗВОДИМЫХ В ГОРНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ТАДЖИКИСТАНА

А.Р. Мухиддинов, доктор биологических наук, профессор
Н.Ш. Камолов, кандидат биологических наук

Худжандский политехнический институт Таджикского
технического университета им. М. Осими, Худжанд,
Таджикистан
E-mail: kamolovvet@mail.ru

Ключевые слова: шкура яков, масса шкур, волосяной покров, типы волос, густота, длина, толщина волос, сбежистость, топографический участок, пола, вороток, огузок, яки

Реферат. *В процессе адаптации животных к изменяющимся условиям внешней среды существенная роль принадлежит волосяному покрову, который, как известно, выполняет, прежде всего, теплозащитную функцию и претерпевает изменения в зависимости от сезона года и природно-климатической зоны, в которой обитают животные. У животных разных видов (пород) он характеризуется своими особенностями. Характер и особенности волосяного покрова животных часто используются учеными для составления зоологической систематики, оценки здоровья и типов конституции животных, их акклиматизационной способности и т. д. В статье рассмотрены возрастные изменения массы, размера, толщины и сбежистости шкур, а также особенности волосяного покрова шкур яков Северного Таджикистана. Замечено, что у всех животных масса шкур возрастает пропорционально увеличению живой массы тела. До полугодовалого возраста яков абсолютная масса шкур почти в 2 раза превышает аналогичные показатели у крупного рогатого скота. К 1- и 3-летнему возрасту толщина шкур в стандартной точке у этих животных несколько сравнивается, но для воротка и припольных участков шкур яков остается выше приблизительно на 25 – 40%. Выяснено, что волосяной покров яков состоит из трех основных категорий волос: остевых длинных (в брюшной области шкуры и на хвосте), остевых коротких (на огулке, шее и спине) и пуховых волос (во всех частях шкуры животного). Длинные остевые волосы являются также наиболее толстыми. Длина такого волоса у новорожденных ячат составляет $187,60 \pm 2,66$ мм, у годовалых яков – $452,50 \pm 2,52$, а у 6 – летних достигает 475 мм. Определено суммарное количество волос разных категорий по трем топографическим частям тела: в огузочной части – до 1545, в воротковой – до 1590 и в брюшной части тела – до 1770 единиц. Вороток и огузок не имеют длинных остевых волос в отличие от брюшной части. Пуховые волосы характерны для всех частей шкуры, но преобладают в огулке и воротке. Определена динамика возрастных изменений волосного покрова яков.*

**PECULIARITIES OF AGE-RELATED MORPHOLOGICAL CHANGES IN
THE DERMAL-HAIR COVER OF THE PAMIR YAK ECOTYPE BRED IN THE
MOUNTAIN ZONE OF NORTHERN TAJIKISTAN**

A.R. Mukhiddinov, Doctor of Biological Sciences, Professor
N.Sh. Kamolov, PhD in Biological Sciences

**Khujand, Tajikistan Khujand Polytechnic Institute of Tajikistan Technical University
named after M. Osimi, Khujand, Tajikistan**

Keywords: yak skin, the weight of skins, hair cover, hair types, hair density, length, the thickness of hair, fleece, topographic section, sex, collar, ramp, yak

Abstract. *In the process of animal adaptation to changing environmental conditions, the hair cover, which is known to perform a heat-protective function primarily, plays a significant role. The hair cover of animals undergoes changes depending on the season of the year and the natural and climatic zone in which the animals live. It has its peculiarities in different species (breeds). The nature and features of the hair cover of animals are often used by scientists to compile zoological systematics, assess the health and constitution types of animals, their acclimatisation ability, etc. In this article, the authors reviewed age-related changes in weight, size, thickness and tightness of animal skins (changes in skin thickness from the ridge to the floor) and features of the hair cover of the skin's yaks of Northern Tajikistan. The authors also noted that in all animals, the weight of hides increases in proportion to the rise in live body weight. The absolute importance of skins, up to the age of half a year of yaks, is almost two times higher than cattle. In yaks at one- and three years old, the thickness of skins at the standard point in these animals is somewhat comparable. But the thickness of the pelts in the collar and area of hiding yak next to the floor remains higher by about 25-40%. Yaks are known to have three main categories of hair: long hairs (in the abdominal region of the hide and on the tail), short hairs (on the rump, neck and back) and down inches (in all parts of the animal's fur). Long coats are also the thickest. The hair length of newborn yaks is 187.60 ± 2.66 mm, of one-year-old yaks 452.50 ± 2.52 mm, and of six-year-old yaks, it reaches 475 mm. The authors determined the total amount of hair of different categories in the three topographic parts of the body: in the rump, the sum of hair is 1545 hair units; in the collar part, the sum of hair is 1590 hair units; in the abdominal area of the body the sum of hair is 1770 hair units. The collar and rump do not have long hairs, unlike the abdomen. Downy hairs are characteristic of all parts of the hide but predominate in the scruff and collar. The dynamics of age-related changes in the hair cover of yaks have been determined.*

Кожевенное и меховое сырьё, получаемое в результате развития скотоводства (и животноводства в целом), относят к важным стратегическим видам сырья в государстве. Поэтому развитию, разработке и научному обоснованию теоретических и практических его вопросов в Республике Таджикистан уделяют особое внимание.

Всестороннее изучение кожевенного сырья, факторов, влияющих на качественное формирование и развитие структуры кожного покрова и меха животных, научное обоснование их наиболее рационального направления

использования является весьма актуальной проблемой в Таджикистане.

Кожный покров животных, как известно, – это многофункциональный орган, выполняющий очень важные функции в жизнедеятельности их организма.

Волосистая шкура с сальными и потовыми железами и органами кожного покрова предохраняет организм от воздействия вредных факторов внешней среды (защитная функция). Кожа участвует в водно-солевом обмене, выделении хлоридов, молочной кислоты и продуктов азотистого (выделительная функция) и теплового (функция терморегу-

лирования) обмена, осуществляет синтез витамина D, является депо крови и др. В коже рассредоточено громадное количество рецепторов (рецепторная функция) [1].

После соответствующей обработки шкура животного приобретает ряд замечательных качеств, которые издавна используются человеком в своих интересах: эластичность, мягкость, прочность на разрыв, долговечность, паро- и воздухопроницаемость и пр. Натуральная кожа удовлетворяет повышенным требованиям, предъявляемым к изделиям из нее и, прежде всего, эксплуатационным, гигиеническим и эстетическим [2].

В связи с этим кожевенное сырье относят к стратегическим видам сырья, а всестороннему изучению свойств шкур животных уделяют большое внимание в исследовательских работах. Для животноводства, в частности скотоводства и яководства, актуальными проблемами остаются вопросы формирования и сохранения качественных признаков кожного покрова животных.

Качество шкуры и вырабатываемой из нее кожи определяется целым рядом факторов, среди которых необходимо отметить такие, как строение и физико-механические свойства шкуры, ее химический состав; порода, пол и возраст животного, от которого получена шкура; условия содержания и кормления животного, направление его продуктивности; климатические особенности среды обитания и др. [3].

Превалирующее влияние на качество шкуры оказывают, биоэкологические факторы, связанные с выращиванием животного.

Строение кожного покрова и его свойства различны не только у разных животных, но и на разных топографических участках одной и той же шкуры, соответствующих определенным частям тела животного. Различия кожного покрова оказывают значительное влияние на товарные свойства и качество кожи, обуславливают производственное назначение шкуры и характер технологических процессов ее обработки. Поэтому в исследовательских работах изучению микрострукту-



Рис. 1. Волосняной покров памирского экотипа яков Северного Таджикистан

Figure 1. Hair cover of the Pamir yak ecotype of Northern Tajikistan

ры шкур с использованием гистологических методов отводят важную роль [4].

Вопросы хозяйственно-биологических особенностей роста и развития памирского экотипа яков в онтогенезе изучали А.Р. Мухиддинов, Н.Ш. Камолов, Р.И. Бобоходжаев [4], Т.А. Иргашев, Б.К. Шабунова, В.И. Косилов, В.В. Герасименко [5], С.С. Соатов и Ф.С. Амиршоев [6].

Волосняной покров – наиболее примечательная черта внешнего облика яка. Если на большей части тела шерсть густая и ровная, то на ногах, боках и брюхе длинная и косматая, образует своего рода сплошную «юбку», почти доходящую до земли. Волосняной покров яков характеризуется очень хорошими теплоизолирующими свойствами. При этом важное значение имеет густота пухового подшерстка (рис. 1).

У крупного рогатого скота в зимний период, в процессе адаптации животных к ресурсосберегающей технологии, значительно возрастают масса и длина волос, в структуре волосяного покрова увеличивается доля пуха. Это подтверждает хорошую адаптационную способность животных к умеренному климату, который характеризуется снежными, но не очень суровыми зимами [1].

На примере мандолонгской породы скота Х.С. Матару и др. [7] было показано, что с наступлением зимы животные обрастают густыми, длинными волосами с большим содержанием пуха, что свидетельствует о срав-

нительно высокой пластичности организма при кардинальном изменении условий внешней среды.

Широкие исследования по сравнительной морфологии кожно-волосяного покрова у некоторых видов домашних и диких копытных в 2000-х гг. провел П.В. Зимин. Он показал, что у крупного рогатого скота волосы двух категорий – остевые и пуховые, которые не имеют резкой размерной разницы [8].

Подробное изучение шерстного покрова различных видов животных, обитающих на территории Кыргызстана, с точки зрения принадлежности волос конкретному животному проведено в 2011 г. Л.Ю. Лыхиной [9].

Следует отметить, что с 1980 – 1990-х гг. большое значение изучению свойств шкур сельскохозяйственных животных стали придавать индийские ученые, среди которых следует отметить А.Д. Патиля, В.Р. Шараванакумара, С.П. Сингха и других исследователей [10–12].

Систематические работы по изучению тибетского яка в Китае проводил П. Дженг [13].

В целом товарные свойства волосяного покрова зависят не только от его высоты (длины) и густоты, но и мягкости, прочности, сминаемости, упругости, пышности, свойлачиваемости, цвета, цветостойкости, маркировки, блеска и др. [14, 15].

Таким образом, кожно-волосяной покров животных играет важную роль в физиологических особенностях организма, с ним связаны многие важнейшие его функции. Существенное влияние на формирование и структурные изменения кожно-волосяного покрова, наблюдаемые в возрастном аспекте, оказывают эколого-биологические факторы. В литературе не представлены систематические исследования морфолого-экологических свойств шкур крупного рогатого скота Таджикистана, подобные исследования по памирским якам республики также отсутствуют. Возрастными изменениями развития кожного покрова яков никто из ученых в Таджикистане не занимался.

Недостаточная изученность и фрагментарность в исследованиях товароведческих, морфологических и физико-химических

свойств шкур памирских яков в Таджикистане делает эту проблему остро актуальной в настоящий период – период восстановления экономики страны, развития рыночных отношений.

Цель исследования – изучение особенностей возрастных морфологических изменений кожно-волосяного покрова шкур памирского экотипа яков Зеравшанской долины Северного Таджикистана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования явились яки Зеравшанского горного массива. Все отобранные животные имели среднюю упитанность и были пронумерованы. Всего было обследовано 40 животных восьми постнатальных возрастных групп: новорожденные, ячата 3, 6 и 12 месяцев, 1,5- и 3-годовалые, 6- и 8-летние. Основные зоотехнические промеры и морфометрия проводились по общепринятой методике.

Весь морфометрический материал подвергали статистической обработке методом Н.В. Пушкарева (1970).

Определяли коэффициент интенсивности роста по Броди:

$$K = \frac{V - V_0}{V_0},$$

и уровень достоверности – по Стьюденту.

Материалом для исследования служили кожа и волосы памирского экотипа яков новой генерации, обитающих в условиях предгорья (до 3000 м над у. м.) Искандеркульского массива Зеравшанской долины (Айнинского и Горно-Матчинского районов Согдийской области Республики Таджикистан).

Нами были исследованы:

– морфометрические особенности кожного покрова (масса шкуры, площадь, толщина в стандартной точке, в воротковой части и припольном участке, а также степень сбежистость шкуры);

– морфометрические особенности волосяного покрова (густота, длина и толщина во-

лос в вышеуказанных точках) у новорождённых, годовалых, 3- и 6-летних яков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования морфометрических параметров шкур яков Айнинского и Горно-Матчинского районов приведены в табл. 1.

Согласно полученным данным, с возрастом почти равномерно и достоверно ($P<0,05$) с увеличением массы шкур возрастают их площадь и толщина в различных топографических участках (огузок, вороток и пола).

Площадь шкур от рождения до годовалого возраста увеличивается у яков Айни в 3,01 раза (коэффициент прироста – 2,01), Горной Матчи – в 3,37 раза (коэффициент

прироста – 2,37). От 1 года до 6 лет темп увеличения площади шкуры также возрастает в 2,35 раза у яков Айни и в 1,83 раза у яков Горной Матчи, но в процентном отношении это увеличение уступает показателям до годовалого возраста яков обоих районов.

Толщина шкур в целом возрастает, но с периодическими спадами в 4 года и 6 лет, что, по-видимому, было связано с тяжелым зимним сезоном года и некоторым истощением организма животного.

Необходимо отметить, что показатели толщины шкур яков в различных топографических участках довольно близки друг к другу. В огузке и воротковой частях они различаются лишь на 2–7, а в припольной части – на 12 – 26% (рис. 2).

Таблица 1

Результаты исследования морфометрических параметров шкур яков
Results of studies on morphometric parameters of the skins of yaks

Возраст	Масса шкуры, кг	Площадь, дм ²	Толщина шкуры, мм			Сбежистость, %
			огузок	вороток	пола	
Айнинский район						
Новорожденные	3,17±0,14	31,74±0,15	1,51±0,11	1,23±0,35	1,19±0,36	19,11±0,70
3 мес	6,70±0,21	39,46±0,08	2,25±0,13	2,08±0,13	1,82±0,06	21,19±1,06
6 мес	10,50±0,22	80,05±0,24	3,25±0,07	3,25±0,04	2,86±0,22	24,90±0,58
1 год	16,60±0,12	95,72±0,23	4,01±0,13	3,66±0,10	2,95±0,23	28,25±0,34
1,5 года	24,60±0,18	123,90±0,20	4,07±0,07	3,69±0,10	3,05±0,26	29,20±0,13
3 года	35,70±0,32	157,80±0,18	4,33±0,07	4,45±0,07	3,09±0,18	29,50±0,12
6 лет	39,20±0,23	225,68±0,21	4,42±0,27	4,35±0,10	3,04±0,09	31,20±0,54
8 лет	41,10±0,15	244,48±0,19	4,68±0,25	4,45±0,22	3,27±0,17	32,10±0,16
Горно-Матчинский район						
Новорожденные	3,61±0,10	36,36±0,37	2,50±0,13	2,50±0,16	1,90±0,18	21,70±1,09
3 мес	7,30±0,25	50,06±0,04	2,85±0,21	2,61±0,17	2,21±0,16	24,06±0,33
6 мес	11,70±0,12	107,59±0,19	3,81±0,06	3,01±0,14	2,33±0,12	28,30±0,17
1 год	18,40±0,11	122,68±0,09	4,20±0,10	3,96±0,12	2,88±0,21	29,80±0,34
1,5 года	29,30±0,15	152,32±0,22	4,28±0,13	3,99±0,13	2,88±0,12	30,19±0,30
3 года	40,80±0,11	177,08±0,23	4,56±0,08	4,25±0,06	3,15±0,25	32,23±0,35
6 лет	43,90±0,13	225,57±0,18	4,53±0,06	4,26±0,29	3,25±0,34	32,89±0,16
8 лет	45,80±0,10	272,88±0,19	4,87±0,16	4,50±0,04	3,30±0,08	32,85±0,33

Толщина шкур в огузке у некоторых 5–6-летних яков достигает 4,5кожно-волосяной покров5,5 мм, что несколько выше, чем у крупного рогатого скота (4,0кожно-волосяной покров4,2 мм). Это является одним из

адаптационных механизмов животного к суровым климатическим условиям.

Следует отметить, что в среднем площадь, масса и толщина шкур крупного рогатого ско-

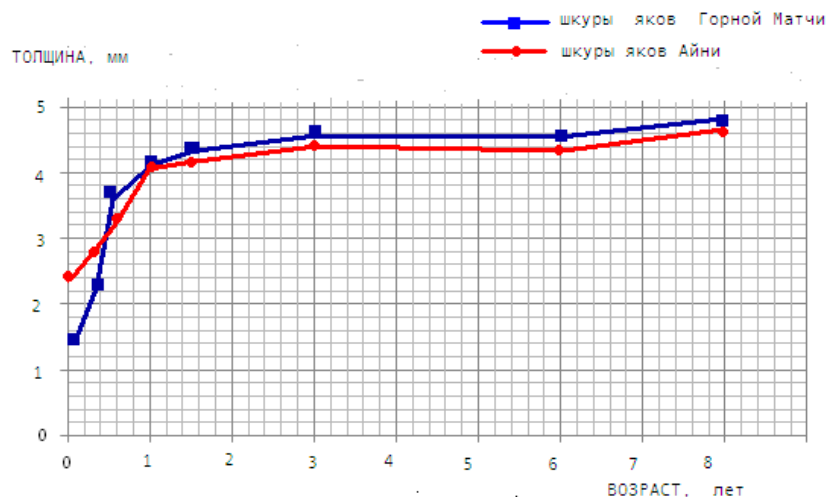


Рис. 2. Возрастные изменения толщины шкур яков в огузке
Figure 2. Age-related changes in the thickness of yak skins

та колеблются в широких пределах. Масса шкуры составляет в среднем 7–8% массы животного.

Исследованиями волосяного покрова установлено, что у яков Северного Таджикистана он представлен тремя основными типами волос: остевыми длинными (названными нами направляющими), характерными в основном для брюшной области шкуры и хвоста), остевыми короткими (названными нами переходными), покрывающими все участки шкуры (огузок, шею и спину животного), и пуховыми (неравномерно представленными во всех частях шкуры животного).

Характер и размеры различных типов волос яков в возрастном аспекте для Зеравшанской горной зоны (Айнинский район) почти аналогичны для всех топографических точек шкуры.

Густота различных типов волос яков представлена в табл. 2, откуда видно, что у 3-летних яков среди названных типов наибольшее развитие получили остевые направляющие

(1535 – 1550 единиц – пола, брюшная часть шкуры и хвост) и покрывные (переходные) волосы, густота которых в отдельных участках шкуры (огузок) достигает 1300 единиц.

Отмечено, что характер и размеры различных типов волос в возрастном аспекте у яков Зеравшанской горной зоны (Айнинский район) почти аналогичны горно-матчинским животным для всех топографических точек шкуры.

Размеры разных типов волос яков Северного Таджикистана в постнатальном онтогенезе представлены в табл. 3. Как видно из таблицы, густота волос в различных топографических участках шкуры неоднозначна. Основную массу (от 74,2 до 88,7%) составляют остевые направляющие и переходные волосы, остальную часть – пуховые. Больше всего направляющие и переходные волосы представлены в брюшной части шкуры (пола). Здесь же, в отличие от воротковой и огузочной частей, пуховых волос относительно небольшое количество.

Таблица 2

Густота различных типов волос 3-летних яков по топографическим участкам шкуры, ед. на 1 см²
The density of different types of hair of 3-year-old yaks by topographic sections of skins, units per 1 cm²

Топографический участок шкуры	Тип волоса.			Всего, ед
	остевые длинные (направляющие)	остевые покрывные (переходные)	пуховые	
Вороток	-	1170-1200	380-390	1550-1590
Огузок	-	1280-1300	235-245	1515-1545
Пола	1535-1550	140-145	55-78	1730-1773

Таблица 3

Размеры некоторых типов волос яков в постнатальном онтогенезе
Dimensions of some hair types of yaks in postnatal ontogeny

Возраст	Топографический участок шкуры	Направляющий волос		Переходный волос		Пуховой волос	
		длина, мм	толщина, мкм	длина, мм	толщина, мкм	длина, мм	толщина, мкм
Новорожденные	Пола	187,6±2,7	65,0±0,5	70,0±5,0	45,0±0,5	17,0 ±1,2	12,5±0,5
	Вороток	-	-	97,5±5,0	55,0±0,5	22,0±2,0	13,5±0,2
	Огузок	-	-	92,5±2,5	45,0±0,5	26,5±1,5	14,5±0,5
1 год	Пола	452,5±2,5	136,0±0,6	232,5±2,5	90,0±1,0	26,2±1,2	13,5±0,5
	Вороток	-	-	155,0±5,0	75,0±0,5	26,0±1,0	14,5±0,2
	Огузок	-	-	142,6±2,5	72,0±0,2	27,5±2,5	14,5±0,5
3 года	Пола	457,5±2,5	135,0±0,5	232,5±2,5	90,0±1,0	27,5±2,0	14,0±0,5
	Вороток	-	-	160,0±5,0	77,0±0,2	27,5±2,5	15,5±0,2
	Огузок	-	-	147,5±2,5	65,0±0,5	30,0±3,0	16,0±0,1
6 лет	Пола	477,5±2,5	130,0±0,5	242,5±2,5	105,0±0,5	31,2±2,0	14,5±0,5
	Вороток	-	-	151,5±1,5	60,0±1,0	32,5±2,5	21,5±0,5
	Огузок	-	-	147,5±2,5	120,0±1,0	34,0±1,0	25,0±0,5

Длина направляющего волоса от рождения до 3-летнего возраста возрастает: в припольных участках – в 2,42–2,46, в огузке – в 1,31–1,41, в воротке – в 1,61–1,65 раза. Темп роста направляющих волос наиболее значителен (1,41) после рождения до года. В дальнейшем до 6-летнего возраста темп роста направляющих волос замедляется.

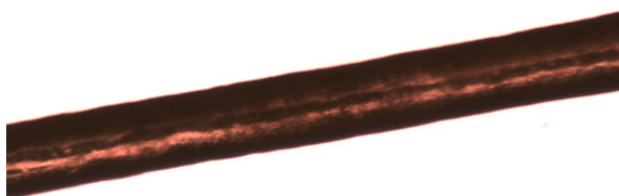


Рис. 3. Хвостовой волос яка (увеличение 4 x 10)
Figure 3. Caudal hair of the yak (magnification 4 x 10)

Остевой направляющий волос хвоста является наиболее стабильным по длине (58–60 мм), но толщина его несколько варьирует – от 0,11 до 0,14 мм. Это самый толстый волос на теле яков, функциональное назначение которого отличается от других типов волос. Хвостовой волос, как и переходный, на теле яка лишен чешуйчатости, т. е. слоя, характерного для других животных (рис. 3), что раньше отмечалось и другими исследователями.

Форма направляющих волос яка может быть волнистой и изменчивой по толщине (рис. 4).

Поверхность направляющих волос выглядит ровной, но шероховатой, часто с длинными канавками по одной из сторон волоса (рис. 5). Эти углубления, по-видимому, являются специфической особенностью ячьего

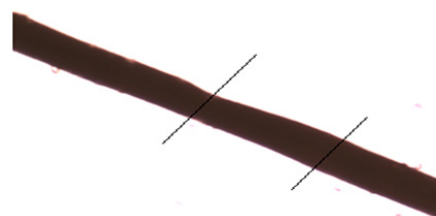


Рис. 4. Волнистость и изменчивость толщины по длине направляющего волоса с припольного участка (увеличение 10 x 10)
Figure 4. Waviness and thickness variation along the length of the guide hair from the area of hiding yak next to the floor (magnification 10 x 10)

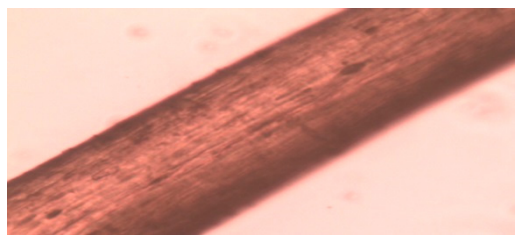


Рис. 5. Шероховатость и углубления на поверхности направляющего волоса с припольного участка (увеличение 10 x 10)

Figure 5. Roughness and depressions on the surface of the guide hair from the site of hiding yak next to the bottom (magnification 10 x 10)

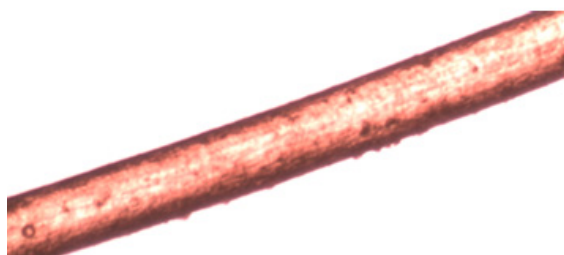
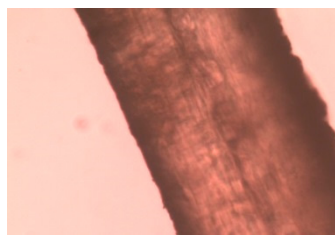


Рис. 6. Переходный волос с огузка (увеличение 4 x 10)
Figure 6. Transitional hair from scape section (magnification 4 x 10)

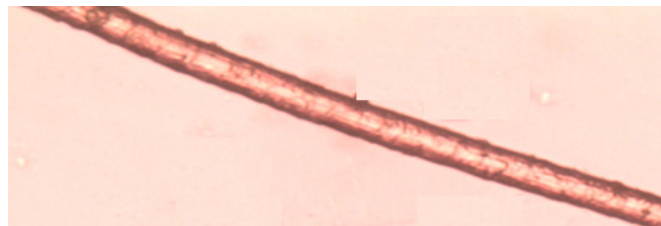


Рис. 7. Пуховый волос с воротка и огузка (увеличение 4 x 10)
Figure 7. Downy hair from collar and rump (magnification 4 x 10)

волоса, содействующей состоянию выпрямленности по длине.

Переходный волос незначительно отличается по толщине, но короче направляющего по длине (в припольных участках – до 50–53%, воротке и огулке – до 20%). Он создает как бы подстилающий слой, внешне напоминающий пуховой, но несколько толще (см. рис. 5). У новорожденного ячонка толщина волос на воротке и огулке сходна с толщиной человеческого волоса (0,05 мм).

Длина переходного волоса от рождения до 3-летнего возраста возрастает в припольных участках в 3,53–3,55, в воротке – в 1,63, в огулке – в 1,61 раза. Толщина переходного волоса за тот же возрастной период в припольных участках почти не меняется, в воротке и огулке – увеличивается приблизительно в 0,5 раза (рис. 6).

Пуховой волос на припольных участках шкуры незначителен по количеству и почти в 2 раза короче и тоньше, чем на воротке и огулке, где он имеет длину у взрослых особей от 25 до 30 мм и толщину 0,014–0,021 мм (рис. 7). Длина пухового волоса от рождения до 3-летнего возраста возрастает в воротке и огулке в 1,25–1,37, а толщина – в 1,15 раза.

Замечено, что направляющие и переходные волосы часто имеют обрывы на конце, полученные, вероятно, при жизни животных механическим путем. В некоторых случаях дистальное утонение достигает 35 – 40% от основной толщины.

ВЫВОДЫ

1. У всех яков масса шкур возрастает пропорционально живой массе тела. При сопоставлении абсолютной массы в 6-месячном и 3-летнем возрасте абсолютная масса шкур яков выше почти в 2 раза, чем у крупного рогатого скота.

2. Толщина шкур во всех топографических точках у 6-месячных яков больше почти в 2 раза, чем у крупного рогатого скота. В огулке к годовалому и 3-летнему возрасту она несколько сравнивается, но для воротка и припольных участков увеличивается на 25 – 40%. По показателю сбежистости наиболее пригодными для выработки кож являются шкуры яков возрастом до 3 лет.

3. Товарно-технологическое качество шкур памирских яков высокое, что позволяет рекомендовать их на производство подошвен-

ных, технических и шорно-седельных кож, а при двоении – на выработку хромовых кож для верха обуви и стелечных кож (из спилка).

4. Волос на одном и том же животном с возрастом может меняться по длине, толщине, а также расцветке (от черного цвета в полах до темно-бурого в воротке и огулке, или от темно-пепельного в полах до серебристо-серого в воротке и огулке).

5. На шкуре яка присутствуют следующие категории волос: остевые (направляющие и переходные) и пуховые, концентрация которых в различных топографических участках

различна. В воротке и огулке наиболее многочисленны переходные волосы. Припольная часть (брюхо) в основном представлена направляющими волосами. Они же являются наиболее длинными и толстыми. Длина такого волоса у новорожденных ячат составляет $187,6 \pm 2,66$, у годовалых яков – $452,5 \pm 2,52$, у 6-летних – 475 мм.

6. Остевые направляющие волосы подбрюшья не прямые, а слегка волнистые, иногда проявляющие изменчивость толщины по длине волоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дамбинимаева Б.Ц., Рабжаева Э.Ц. Динамика волосяного покрова как защитный механизм в адаптации животных // Международный школьный научный вестник. – 2016. – № 1. – С. 13–16.
2. Бобоходжаев Р.И. Товароведческое качество кожного покрова крупного рогатого скота Таджикистана. – Душанбе: Ирфон, 2008.
3. Незавитин А.Г., Захаров Н.Б., Кобцев М.Ф. Влияние условий кормления, ухода и содержания на качество кожевенного сырья крупного рогатого скота // Проблемы сельскохозяйственной экологии: материалы науч.- практ. конф. / Новосиб. гос. аг-рар. ун-т. – Новосибирск, 2000. – С. 44.
4. Мухиддинов А.Р., Камолов Н.Ш., Бобоходжаев Р.И. Возрастные особенности и мофо-физико-химические изменения кожного покрова памирского экотипа яков, разводимых в горной зоне Северного Таджикистана: монография. – Душанбе: Ирфон, 2020. – 186 с.
5. Рост и развитие яков в Таджикистане / Т.А. Иргашев, Б.К. Шабунова, В.И. Косилов, В.В. Герасименко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 5(61). – С. 113–115.
6. Соатов С.С., Амиришоев Ф.С. Сравнительное изучение динамики живой массы полувозрастных групп памирского экотипа яков в условиях Зеравшанской долины // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделения биологических и медицинских наук. – 2017. – № 2(197). – С. 79–85.
7. Матару Х.С., Карамаева С.В., Карамаева А.С. Особенности развития волосяного покрова у молодняка мандолонгской породы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3(45). – С. 112–115.
8. Зимин П.В. Сравнительная морфология кожно-волосяного покрова у некоторых видов домашних и диких копытных животных: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Саратов, 2006. – 22 с.
9. Лыхина Л.Ю. Определение вида животных по структуре волоса: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Бишкек, 2011. – 23 с.
10. Histology of the skin with special reference to the effect of external cooling in buffalo calves / A.D. Patil [et al.] // Indian veter. J. – 1989. – Vol. 5. – P. 432–434.
11. Saravanakumar V.R., Thiagarajan M. Comparison of sweat glands, skin characters and heat tolerance coefficients among Murrah, Surti and non-descript buffaloes // Indian J. Anim. Sci. – 1992. – Vol. 7. – P. 625–628.
12. Singh S.P. A few physiological parameters of yaks // Indian J. Animal Sci. – 1989. – Vol. 9. – P. 1108–1109.

13. *Cheng Peilien (Zheng Pilin). Yak (types) Livestock breeds of China* // *FAO animal production and health paper*. – Rome, 1984. – P. 96–108.
14. *Динамика кожно-волосного покрова крупного рогатого скота при адаптации их к ресурсосберегающей технологии* / В.Ф. Позднякова, О.В. Соболева, И.А. Смирнова, Е.А. Бравилова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 4. – С. 506.
15. *Мухиддинов А.Р., Бобокходжаев Р.И., Ниязова Р.К. Изучение кожного покрова сельскохозяйственных животных в Таджикистане* // *Проблемы устойчивого развития производства пищевых продуктов в Центральной Азии: материалы 2-й Междунар. конф. ХПИ ТТУ. – Худжанд, 2013. – С. 142.*

REFERENCES

1. Dambinimaeva B.Ts., Rabzhaeva E.Ts., *Mezhdunarodnyy shkol'nyy nauchnyy vestnik*, 2016, No. 1, pp. 13–16 (In Russ.).
2. Bobokhodzhaev R.I., *Tovarovedcheskoe kachestvo kozhnogo pokrova krupnogo rogatogo skota Tadzhiqistana* (Commodity quality of the skin of cattle in Tajikistan), Dushanbe: Irfon, 2008.
3. Nezavitin A.G., Zakharov N.B., Kobtsev M.F., *Problemy sel'skokhozyaystvennoy ekologi* (Problems of agricultural ecology), Proceedings of the Conference, Novosib. gos. ag-rar. un-t, Novosibirsk, 2000, pp. 44.
4. Mukhiddinov A.R., Kamolov N.Sh., Bobokhodzhaev R.I., *Vozrastnye osobennosti i morfo-fiziko-khimicheskie izmeneniya kozhnogo pokrova pamirskogo ekotipa yakov, razvodimykh v gornoy zone Severnogo Tadzhiqistana* (Age features and morpho-physico-chemical changes in the skin of the Pamir ecotype of yaks bred in the mountainous zone of Northern Tajikistan), Dushanbe: Irfon, 2020, 186 p.
5. Irgashev T.A., Shabunova B.K., Kosilov V.I., Gerasimenko V.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 5(61), pp. 113–115.
6. Soatov S.S., Amirshoev F.S., *Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadzhiqistan. Otdeleniye biologicheskikh i meditsinskikh nauk*, 2017, No. 2(197), pp. 79–85.
7. Mataru Kh.S., Karamaeva S.V., Karamaeva A.S., *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2016, No. 3(45), pp. 112–115.
8. Zimin P.V., *Sravnitel'naya morfologiya kozhno-volosyanogo pokrova u nekotorykh vidov domashnikh i dikikh kopytnykh zhivotnykh* (Comparative morphology of the skin-hair cover in some species of domestic and wild ungulates), Extended abstract of candidate's thesis, Saratov, 2006, 22 p.
9. Lykhina L.Yu. *Opreделение vida zhivotnykh po strukture volosa* (Determination of the type of animal by the structure of the hair), Extended abstract of candidate's thesis, Bishkek, 2011, 23 p.
10. Patil A.D. [et al.], Histology of the skin with special reference to the effect of external cooling in buffalo calves, *Indian veter. J.*, 1989, Vol. 5, pp. 432–434.
11. Saravanakumar V.R., Thiagarajan M., Comparison of sweat glands, skin characters and heat tolerance coefficients among Murrah, Surti and non-descript buffaloes, *Indian J. Anim. Sci.*, 1992, Vol. 7, pp. 625–628.
12. Singh S.P., A few physiological parameters of yaks, *Indian J. Animal Sci*, 1989, Vol. 9, pp. 1108–1109.
13. Cheng Peilien (Zheng Pilin). *Yak (types) Livestock breeds of China*, *FAO animal production and health paper*, Rome, 1984, pp. 96–108.
14. Pozdnyakova V.F., Soboleva O.V., Smirnova I.A., Bravilova E.A., *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 4, pp. 506.
15. Mukhiddinov A.R., Bobokhodzhaev R.I., Niyazova R.K., *Problemy ustoychivogo razvitiya proizvodstva pishchevykh produktov v Tsentral'noy Azii* (Problems of sustainable development of food production in Central Asia): Proceedings of the Conference, Khudzhand, 2013, pp. 142.

ВЛИЯНИЕ МЕТФОРМИНА НА РАЗВИТИЕ САРКОМЫ WALKER-256

Г.А. Ноздрин, доктор ветеринарных наук, профессор
А.С. Гаврилович, аспирант

Новосибирский государственный аграрный универси-
тет, Новосибирск, Россия
E-mail: pharmgengpath@mail.ru

Ключевые слова: анемия, атак-
сия, гематурия, гемоглобин,
гранулоциты, карцинома,
карциносаркома, крысы, лей-
коциты, моноциты, морфоло-
гия новообразования, саркома
Walker-256, тромбоциты, эози-
нофилы, эритроциты, ядерный
полиморфизм

Реферат. В ветеринарной медицине большой инте-
рес стал проявляться к препаратам, которые под-
держивают организм в период химиотерапевти-
ческого лечения. Мы провели исследование влияния
препарата метформина на развитие карциносарко-
мы в монорежиме. Изучались закономерности роста искусственно индуцированной сар-
комы Walker-256 у крыс линии Wistar 3-месячного возраста в постлактационный период.
Исследование проводилось на кафедре фармакологии и общей патологии факультета ве-
теринарной медицины. Объектами исследования служили крысы линии Wistar – самки
в возрасте 3 месяцев, массой 150–200 г в постлактационный период. Крысы обеих групп
были заражены саркомой Walker-256 путём инъекции в бедренную мышцу в дозе 106 кл/
гол. Крысам опытной группы дополнительно применяли метформин в дозе 30 мг/гол. еже-
дневно вместе с водой. Гистологические, цитологические и гематологические исследова-
ния проводили на 14-й и 21-й дни с момента заражения крыс опухолью. Под действием
метформина у заражённых саркомой Walker-256 крыс увеличивалось количество эритро-
цитов, лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов и гранулоцитов крови, уменьшалась концен-
трация гемоглобина и не изменялось количество тромбоцитов. В биоптате контрольных
крыс по сравнению с аналогами опытных групп под воздействием метформина увеличи-
вается концентрация моноцитов, понижается количество эозинофилов и ядерный по-
лиморфизм. Кроме того, было выявлено, что метформин индуцирует нервно-психические
отклонения у крыс, такие как извращение аппетита и каннибализм. Более выраженный
воспалительный ответ в опытной группе свидетельствует о том, что необходимо даль-
нейшее изучение влияния препарата на развитие различных новообразований, т.к. это
является важным фактором в выборе стратегии лечения.

EFFECT OF METFORMIN ON THE DEVELOPMENT OF SARCOMA WALKER-256

G.A. Nozdrin, Doctor of Veterinary Sciences, Professor
A.S. Gavrilovich, Postgraduate student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: anaemia, ataxia, haematuria, haemoglobin, granulocytes, carcinoma, carcinosarcoma, rats,
leukocytes, monocytes, neoplasm morphology, Walker-256 sarcoma, platelets, eosinophils, erythro-
cytes, nuclear polymorphism

Abstract. There has been a great deal of interest in veterinary medicine in drugs that support the body
during chemotherapeutic treatment. The authors conducted a study of the drug's effect on the devel-
opment of carcinosarcoma in the mono regimen. The growth pattern of artificially induced Walker-256
sarcoma in 3-month-old Wistar rats in the post-lactation period was studied. The study was con-
ducted at the Department of Pharmacology and General Pathology, Faculty of Veterinary Medicine.

The study was conducted at the Department of Pharmacology and General Pathology, Faculty of Veterinary Medicine. The objects of the study were Wistar rats, female rats of three months of age, weighing 150-200 g in the post-lactation period. Rats of both groups were infected with Walker 256 sarcoma by injection into the thigh muscle at a dose of 106 ml/head. Rats in the experimental group were additionally administered metformin at 30 mg/head daily with water. Histological, cytological and haematological studies were performed on days 14 and 21 from the time of infection of the rats with the tumour. Under the action of metformin, the number of erythrocytes, leukocytes, lymphocytes, monocytes and granulocytes in Walker-256 sarcoma-infected rats increased, the concentration of haemoglobin decreased, and the number of platelets did not change. In the biopsy specimen of control rats compared to the counterparts of the experimental groups, the concentration of monocytes was increased. The number of eosinophils and nuclear polymorphism was decreased under the influence of metformin. In addition, metformin-induced neuropsychiatric abnormalities in rats, such as appetite perversion and cannibalism. The more pronounced inflammatory response in the experimental group indicates that further study of the drug's effect on the development of various neoplasms is necessary, as this is an essential factor in the choice of the treatment strategy.

Вопрос развития новообразований является одним из основных в современной медицине, молекулярной биологии и смежных с ними областях наук. Важнейшим этапом развития опухоли является ее способность индуцировать и поддерживать ангиогенез. Показано, что в опухоли образуется сосудистая сеть, которая значительно отличается от сосудов здоровой ткани [1]. Например, в протоковых аденокарциномах поджелудочной железы новых сосудов образуется мало, в них много стромальных участков, в которых отсутствуют сосуды, а, к примеру, опухоли почек высокоангиогенны, следовательно, в них развита плотная сосудистая сеть [2]. Сейчас неоангиогенез в опухолях общепризнан одной из наиболее значимых стадий опухолевой прогрессии, а усилия фармакотерапии направлены на совершенствование препаратов – блокаторов роста сосудистого эндотелия [3, 4].

В первичный очаг сосуды не прорастают, пока клетки эндотелия не получают от опухоли соответствующих сигналов. Секретируемый клетками опухолей эндотелиальный фактор роста сосудов (VEGF) связывается со своими рецепторами на поверхности клеток эндотелия сосудов и запускает сигнал пролиферации эндотелиальных клеток. Кроме VEGF участвуют и другие члены этого семейства, например плацентарный фактор роста (PIGF), а также цитокины (трансформирующий фак-

тор роста [TGF- β], тромбоцитарный фактор роста [PDGF], эфрины, фактор роста фибробластов [FGF], Ang-1 и -2) и их соответствующие рецепторы и ингибиторы [5, 6].

Пролиферация опухолевых клеток запускается онкогенными сигналами роста, а также достаточной метаболической энергией для биогенеза клеточных компонентов. В раковых клетках нередко наблюдается расстройство, приводящее к увеличению поглощения глюкозы и гликолиза, обеспечивающему быструю избирательную пролиферацию именно опухолевых клеток, так называемому эффекту Варбурга. Чувствительный к энергии путь АМПК кажется доминирующим над стимулирующими рост эффектами пути PI3K-AKT, определяющего клеточные функциональные исходы. Поэтому пролиферация не происходит при отсутствии достаточного количества питательных веществ, энергии и клеточных строительных блоков. Следовательно, манипуляция сигнальным путём АМПК, формирующая энергетический стресс, может представлять собой терапевтическую цель, потенциально переопределяющую онкогенные эффекты пути PI3K-AKT-mTORC1 [7, 8]. Кроме того, под воздействием опухоли эндотелиоциты лимфатических сосудов способствуют развитию кровеносных сосудов в этих органах, обеспечивая экстравазацию и колонизацию раковых клеток [9, 10]. В клетках быстро растущей злокачественной опухоли уровень

гликолиза почти в 200 раз выше, чем в нормальных тканях. При этом гликолиз остаётся предпочтительным даже в условиях, когда кислород в избытке [11, 12].

Традиционно для гликолиза применяются антидиабетические бигуаниды фенформина и буформина, влияющие на продолжительность жизни и развитие спонтанных и индуцированных опухолей у крыс и мышей. Используемый в настоящее время метформин вызывает меньше осложнений по сравнению с другими аналогами [13, 14].

Первичная цель добавления препарата – это комплекс 1 митохондриальной дыхательной цепи. После его внутриклеточного транспорта в печени с помощью органических катионных транспортеров (organic cation transporter 1 – OCT1) метформин вызывает специфическое ингибирование комплекса 1 дыхательной цепи. Это уникальное свойство препарата вызывает уменьшение окисления NADH, что приводит в конечном итоге к снижению продукции АТФ из АДФ и неорганического фосфата, что, в свою очередь, активирует аденозинфосфаткиназу – AMPK (AMP-activated proteinkinase), играющую основную роль в энергетическом балансе клетки. Кроме того, снижение количества глюкозы метформином обусловлено его способностью подавлять глюконеогенез в печени через сигнальный путь от печеночной киназы B1 – LKB-1 (liverkinaseB1) [15, 16].

Метформин подавляет один из сигнальных путей, ответственный за пролиферацию клеток, так называемый mammalian target of rapamycin complex-1 (mTORC-1), что обуславливает значительное торможение пролиферации клеток [17], уменьшение уровня циклина D1, стимуляцию p53/p21 оси, синтеза жирных кислот, ангиогенез и воспаление [18].

Цель работы – выявить анатомо-морфологические закономерности развития карциномсаркомы у крыс при естественном её развитии и при применении метформина.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования служили крысы линии Wistar – самки в возрасте 3 месяцев массой 150–200 г в постлактационном периоде. Исследование проводили на 16 крысах. По принципу пар-аналогов были сформированы контрольная и опытная группы животных. В виварии Института цитологии и генетики СО РАН крысы обеих групп были заражены саркомой Walker-256 путём инъекции в бедренную мышцу в дозе 106 кл/гол. Опухолевая культура Walker-256 является постоянно поддерживаемой культурой *in vivo*, в развитии которой исключено влияние онкогенных вирусов. Крысам опытной группы дополнительно применяли метформин в дозе 30 мг/гол. ежедневно вместе с водой.

Гистологические исследования проводили на 10, 14 и 21-й дни с момента заражения, цитологические и гематологические исследования – на 14-й и 21-й дни с момента заражения. Для проведения гистологического исследования отбирали кусочки поражённой бедренной мышцы с внешних её границ. После завершения фиксации в 10%-м растворе формалина осуществляли промывку материала в течение 3 суток в проточной воде с последующим обезвоживанием в этаноле возрастающей крепости, этанольно-ксилольной смеси и ксилоле, заливку в парафиново-восковые блоки и изготовление срезов с последующей ксилольно-этанольно-водной депарафинизацией. Окраску срезов производили гематоксилин-эозином.

Забор материала для цитологического исследования осуществляли инъекционными иглами 28G при помощи шприца. Окраску мазка проводили по Романовскому-Гимзе и исследовали под световым микроскопом с иммерсионно-масляным объективом.

В процессе изучения новообразования визуально контролировали клиническое состояние и поведенческие реакции крыс.

Статистическую обработку результатов исследования проводили на ПЭВМ в программе Microsoft Office Excel 2007. Описательную

статистику непрерывных величин (гематологические и цитологические показатели) производили вычислением медианы (Me; встроенная функция программы); её статистической ошибки (me; произведение ошибки средней и частного от пи на удвоенное число выборки); интерквартильного размаха (IQR; разность третьего и первого квартилей (встроенные функции программы)) и коэффициента вариации (Cv, %; частное от стандартного отклонения на среднее арифметическое в процентах). Достоверность отличий проверялась по U-критерию Манна-Уитни-Уилкоксона. «Ящики с усами» построены в Excel путём адаптации биржевой диаграммы. Описательную статистику качественных величин (этологические показатели) проводили вычислением доли успехов (p; частное числа успехов на число выборки), её статистической ошибки (σр*; корень частного произведения доли успехов и доли неудач на число выборки). Достоверность отличий проверяли точным критерием Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У заражённых крыс контрольной группы и при применении метформина изменялись гематологические показатели крови (табл. 1). На 14-е и 21-е сутки у крыс, подвергавшихся действию метформина, медиана концентрации эритроцитов была выше на 36,90 (P<0,05) и 66,90 % (P<0,05) соответственно, чем у аналогов, не подвергавшихся воздействию. На завершающем этапе исследования этот показатель становится ниже нормы как без действия, так и под действием метформина.

В опытной группе медиана концентрации гемоглобина была выше на 21,68 (P<0,05) и 68,28% (P<0,05) соответственно, чем у аналогов из контроля. Таким образом, под действием метформина увеличивается концентрация гемоглобина крови. В условиях, когда концентрация эритроцитов крови и гемоглобина в крови увеличивается, можно сделать вывод о том, что токсические проявления

опухоли, которые могут возникать из-за масс-эффекта, снижаются.

Количество лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов на 14-е и 21-е сутки у крыс, подвергавшихся действию метформина, увеличивается. Медиана концентрации лейкоцитов была выше на 56,07 (P<0,05) и 218,19 % (P<0,05) соответственно, лимфоцитов – на 121,12 (P<0,05) и 256,89 (P<0,05), моноцитов – на 8,77 и 46,81 % (P<0,05), чем у аналогов из контроля (см. табл. 1).

На 14-е сутки исследований у крыс, подвергавшихся действию метформина, медиана концентрации гранулоцитов была выше на 26,75 (P<0,05), а на 21-е – ниже на 20,45 % (P<0,05), чем у аналогов из контроля. Таким образом, под действием метформина на 14-е сутки увеличивается, а на 21-е – уменьшается количество гранулоцитов крови. Это свидетельствует о неоднородном влиянии препарата на макропопуляцию гранулоцитов (см. табл. 1).

На 14-е и 21-е сутки у крыс, подвергавшихся действию метформина, медиана концентрации тромбоцитов была ниже на 86,05 (P<0,05) и 64,71 % (P<0,05) соответственно, чем у аналогов из контроля. Следовательно, под действием метформина практически не изменяется количество тромбоцитов крови. Однако вариабельность этого показателя без действия метформина значительно выше. Это свидетельствует о диссеминации показателя под воздействием опухоли, на которую активно воздействует метформин, предотвращая резкую полихотомию популяции (см. табл. 1).

У крыс опытной и контрольной групп изменялись цитологические показатели крови (табл. 2). На 14-е сутки у опытных крыс медиана количества эозинофилов в мазке биоптата не имела отличий от животных из контроля. На 21-е сутки у опытных крыс медиана количества эозинофилов в мазке биоптата была ниже на 33,33 %, чем у животных из контроля. Таким образом, концентрация эозинофилов в биоптате животных с привитой саркомой в контрольной группе по сравнению с опытными крысами при воздействии метформина увеличивается.

Таблица 1

Изменение гематологических показателей у крыс под воздействием метформина
Changes in haematological parameters in rats exposed to metformin

Группа	14-е сутки			21-е сутки		
	Me±me	IQR	Cv, %	Me±me	IQR	Cv, %
Эритроциты, 10 ¹² /л (норма 5,6–7,89)						
Контрольная	4,20±0,43	0,20	8,45	2,18±0,46	0,38	15,89
Опытная	5,75±0,27*	0,20	3,72	3,64±0,54*	0,49	11,86
Гемоглобин, 10 ⁹ /л (норма 120–150)						
Контрольная	42,50±4,69	3,00	8,70	41,40±5,90	3,74	11,51
Опытная	179,00±12,06*	11,50	5,35	73,50±9,10*	6,50	9,68
Лейкоциты, 10 ⁹ /л (норма 2,9–15,3)						
Контрольная	53,50±3,69	2,50	5,55	29,20±5,70	2,70	14,59
Опытная	83,50±11,33*	13,00	10,95	93,10±4,20**	3,35	3,60
Лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 2,6–13,5)						
Контрольная	25,10±7,59	9,00	23,86	14,15±37,35	15,48	105,21
Опытная	55,50±11,53*	10,50	17,04	50,50±6,71*	3,50	11,15
Моноциты, 10 ⁹ /л (норма 0–0,5)						
Контрольная	2,85±0,67	0,80	18,46	2,35±0,37	0,25	12,27
Опытная	3,10±0,51	0,25	13,17	3,45±0,47*	0,30	11,00
Гранулоциты, 10 ⁹ /л (норма 0,4–3,3)						
Контрольная	19,25±1,53	1,75	6,45	55,50±11,35	10,50	16,17
Опытная	24,40±5,28*	3,95	16,65	44,15±4,65	4,80	8,29
Тромбоциты, 10 ⁹ /л (норма 100–1600)						
Контрольная	1384,00±1762,77	668,00	43,95	1351,50±2014,27	502,00	47,24
Опытная	193,00±24,81*	7,50	5,16	477,00±109,41*	48,00	9,07

Примечание. Здесь и далее: *P<0,05; **P<0,01

Таблица 2

Изменение цитологических показателей у крыс
Changes in cytological parameters in rats

Группа	14-е сутки			21-е сутки		
	Me±me	IQR	Cv, %	Me±me	IQR	Cv, %
Эозинофилы, шт.						
Контрольная	1,00±0,63	0,25	40,00	1,50±0,72	1,00	38,49
Опытная	1,00±0,63	0,25	66,67	1,00±0,63	0,25	66,67
Ядерный полиморфизм, шт.						
Контрольная	4,50±2,14	1,75	40,18	4,50±1,20	1,25	20,16
Опытная	3,50±1,20	1,25	29,46	3,50±2,14	1,75	45,54
Моноциты, шт.						
Контрольная	2,50±1,62	1,50	51,64	3,00±0,63	0,25	18,18
Опытная	2,50±1,20	1,25	34,82	4,00±1,02	0,50	20,41

У опытных крыс медиана частоты ядерного полиморфизма в мазке биоптата и на 14-е, и на 21-е сутки была ниже на 22,22 %, чем у аналогов из контроля. Таким образом,

под действием метформина понижается ядерный полиморфизм в мазке биоптата.

На 14-е сутки у опытных крыс медиана количества моноцитов в мазке биоптата не имела отличий от животных из контроля. На

21-е сутки у опытных крыс медиана количества моноцитов в мазке биоптата была выше на 33,33 %, чем контрольных. Это явление коррелирует с данными по моноцитам крови.

При применении метформина у крыс с привитыми саркомами изменялась этология (табл. 3). Под действием препарата анемичность, гематурия и вскрытие опухолей наблюдались в 2 раза чаще, чем у животных

из контроля, Атаксия, каннибализм и извращение аппетита регистрировались у опытных животных в 38,00; 38,00 ($P<0,01$) и 63,00 % ($P<0,01$) случаев, в то время как у контрольных животных этих явлений не наблюдали (табл. 3). Таким образом, под действием метформина наблюдаются резко выраженные нервно-психические отклонения у подопытных животных.

Таблица 3

Этология животных во время эксперимента
Ethology of animals during the experiment

Показатель	Контрольная ($p \pm \sigma p^*$)	Опытная ($p \pm \sigma p^*$)
Анемичность	0,50 $\pm$ 0,18	1,00 $\pm$ 0,00
Атаксия	0,01 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,17
Гематурия	0,13 $\pm$ 0,12	0,25 $\pm$ 0,17
Каннибализм	0,00 $\pm$ 0,00	0,38 $\pm$ 0,17**
Извращение аппетита	0,00 $\pm$ 0,00	0,63 $\pm$ 0,17**
Вскрытие опухолей	0,50 $\pm$ 0,18	1,00 $\pm$ 0,00

ВЫВОДЫ

1. Под действием метформина у крыс с привитой саркомой Walker регистрировали абсолютные лейкоцитоз и эритроцитоз с выраженной гипохромной анемией.

2. В биоптате животных с привитой саркомой Walker при применении метформи-

на увеличивается концентрация моноцитов, уменьшается количество эозинофилов и понижается ядерный полиморфизм.

3. Метформин индуцирует нервно-психические отклонения у крыс, такие как извращение аппетита и каннибализм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корман Д.Б. Мишени и механизмы действия противоопухолевых препаратов. – М.: Практическая медицина, 2014. – 149 с.
2. Prospective identification of tumorigenic breast cancer cells / M. Al-Hajj, M.S. Wicha, A. Benito-Hernandez [et al.] // Proc. Natl. Acad. – Sci USA. – 2003. – N. 7. – P. 100.
3. Кушлинский Н.Е., Немцова М.В. Молекулярно-биологические характеристики злокачественных новообразований // Человек и его здоровье. – 2014. – № 1–2. – С. 5–15.
4. Ангиогенез в раке молочной железы: клинико-морфологические и прогностические аспекты / А.А. Должиков, М.И. Чурносков, П.М. Быков [и др.] // Человек и его здоровье. – 2010. – № 2. – С. 149–155.
5. Виноградова Т.В., Чернов И.П., Монастырская Г.С. Раковые стволовые клетки: пластичность против терапии // Acta naturae. – 2015. – № 4. – С. 53–63.
6. Alfarouk K.O., Verduzco D., Rauch C. Glycolysis, tumor metabolism, cancer growth and dissemination. A new pH-based etiopathogenic perspective and therapeutic approach to an old cancer question // Oncoscience. – 2014. – N. 12. – P. 777–802.
7. Мингалеева Р.Н., Мифтахова Р.Р., Ризванов А.А. Стволовые опухолевые клетки: 20 лет позади // Гены и клетки. – 2015. – № 2. – С. 11–14.

8. *Metformin* inhibits hepatic gluconeogenesis in mice independently of the LKB1/ AMPK pathway via a decrease in hepatic energy state / M. Foretz, S. Hebrard, J. Leclerc [et al.] // *Clin invest.* – 2010. – Vol. 1. – P. 2355–2369.
9. Мушамбаров Н.Н., Кузнецов С.С. Молекулярная биология. – М.: Мед. информ. агентство. – 2007. – С. 501–503.
10. Lee E. Pre-treatment of mice with tumor-conditioned media accelerates metastasis to lymph nodes and lungs: a new spontaneous breast cancer metastasis model // *Clin Exp Metastasis.* – 2014. – Vol. 31. – P. 67–79.
11. Ангиогенез: образование, рост и развитие кровеносных сосудов / В.В. Куприянов, В.А. Миронов, А.А. Миронов, О.Ю. Гурина. – М.: НИО «Квартет». – 1993. – С. 152.
12. Liu B., Fan Z., Edgerton S.M. Metformin induces unique biological and molecular responses in triple negative breast cancer cells // *Cell Cycle.* – 2009. – Vol. 8. – P. 2031–2040.
13. Воспаление как один из основных факторов развития злокачественных новообразований в организме человека / А.А. Бояхчан, А.В. Адильханов, Л.Г. Ахуба, Д.Л. Шек // *European journal of biomedical and life sciences.* – 2016. – Vol. 4. – P. 40-43.
14. Tumor cells expressing the herpes simplex virus-thymidine kinase gene in the treatment of Walker 256 meningeal neoplasia in rats / F.D. Vrioni, J.K. Wu, F.D. Vrionis, P. Qi // *Neurosurg.* – 1996. – Vol. 2. – P. 250–257.
15. Целесообразность изучения опухолевого ангиогенеза как прогностического фактора развития рака / И.В. Майбородин, С.Э. Красильников, А.Е. Козяков [и др.] // *Новости хирургии.* – 2015. – № 3. – P. 339–347.
16. Крючков А.Н., Фрейнд Г.Г. Неоангиогенез и плотность сети микрососудов в раке молочной железы // *Архив патологий.* – 2008. – Т. 70, № 1. – С. 62–65.
17. Ноздрачев А.Д. Анатомия крысы. – СПб.: Лань, 2001. – С. 237–239.
18. Шевченко Ю.Л., Кутаев В.М. «Ледяная анатомия» Н.И. Пирогова – прообраз современных лучевых изображений // *Хирургия: Журнал им. Н.И. Пирогова.* – 2010. – № 9. – С. 4–8.

REFERENCES

1. Korman D.B., Misheni i mekhanizmy deystviya protivopukholevykh preparatov (Targets and mechanisms of action of antitumor drugs), Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2014, 149 p.
2. Prospective identification of tumorigenic breast cancer cells / M. Al-Hajj, M.S. Wicha, A. Benito-Hernandez [et al.], *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 2003, – No. 7, pp. 100.
3. Kushlinskiy N.E., Nemtsova M.V., Chelovek i ego zdorov'ye, 2014, No. 1-2, pp. 5–15 (In Russ.).
4. Dolzhikov A.A., Churnosov M.I., Bykov P.M. [i dr.], *Chelovek i ego zdorov'ye*, 2010, No. 2, pp. 149–155 (In Russ.).
5. Vinogradova T.V., Chernov I.P., Monastyrskaya G.S., *Acta naturae*, 2015, No. 4, pp. 53–63.
6. Alfarouk K.O., Verduzco D., Rauch C., Glycolysis, tumor metabolism, cancer growth and dissemination. A new pH-based etiopathogenic perspective and therapeutic approach to an old cancer question, *Oncoscience*, 2014, No. 12, pp. 777-802.
7. Mingaleeva R.N., Miftakhova R.R., Rizvanov A.A., *Geny i kletki*, 2015, No. 2, pp. 11–14 (In Russ.).
8. Foretz M., Hebrard S., Leclerc J. [et al.], Metformin inhibits hepatic gluconeogenesis in mice independently of the LKB1/ AMPK pathway via a decrease in hepatic energy state, *Clin invest*, 2010, Vol. 1, pp. 2355–2369.
9. Mushkambarov N.N., Kuznetsov S.S., *Molekulyarnaya biologiya* (Molecular Biology), Moscow: Med. inform. Agenvstvo, 2007, pp. 501–503.

10. Lee E., Pre-treatment of mice with tumor-conditioned media accelerates metastasis to lymph nodes and lungs: a new spontaneous breast cancer metastasis model, *Clin Exp Metastasis*, 2014, Vol. 31, pp. 67–79.
11. Kupriyanov V.V., Mironov V.A., Mironov A.A., Gurina O.Yu., *Angiogenez: obrazovanie, rost i razvitie krovenosnykh sosudov* (Angiogenesis: formation, growth and development of blood vessels), Moscow: NIO «Kvartet», 1993, pp. 152.
12. Liu B., Fan Z., Edgerton S.M., Metformin induces unique biological and molecular responses in triple negative breast cancer cells, *Cell Cycle*, 2009, Vol. 8, pp. 2031–2040
13. Boyakhchan A.A., Adil'khanov A.V., Akhuba L.G., Shek D.L., Vospalenie kak odin iz osnovnykh faktorov razvitiya zlokachestvennykh novoobrazovaniy v organizme cheloveka, *European journal of biomedical and life sciences*, 2016, Vol. 4, pp. 40–43.
14. Vrioni F.D., Wu J.K., Vrionis F.D., Qi P., Tumor cells expressing the herpes simplex virus-thymidine kinase gene in the treatment of Walker 256 meningeal neoplasia in rats, *Neurosurg*, 1996, Vol. 2, pp. 250–257.
15. Mayborodin I.V., Krasil'nikov S.E., Kozyakov A.E. [i dr.], *Novosti khirurgii*, 2015, No. 3, pp. 339–347 (In Russ.).
16. Kryuchkov A.N., Freynd G.G., *Arkhiv patologiy*, 2008, T. 70, No. 1, pp. 62–65 (In Russ.).
17. Nozdrachev A.D. *Anatomiya krysy* (Anatomy of a rat), Sankt-Peterburg: Lan', 2001, pp. 237–239.
18. Shevchenko Yu.L., Kitaev V.M., *Khirurgiya: Zhurnal im. N.I. Pirogova*, 2010, No. 9, pp. 4–8 (In Russ.).

**ХРОМОСОМНЫЕ МУТАЦИИ У ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ
ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ****Д.В. Самсонов, аспирант****С.Г. Куликова, доктор биологических наук****В.А. Андреева, аспирант****Д.А. Александрова, магистрант****Новосибирский государственный аграрный универси-
тет, Новосибирск, Россия****E-mail: samdim2011@mail.ru****Ключевые слова:** голштинская
порода скота, гипоплоидия,
гиперплоидия, полиплоидия,
анеуплоидия, хромосомные му-
тации

Реферат. Изложены результаты исследований соматической хромосомной нестабильности: анеуплоидии и полиплоидии – в клетках крови высокопродуктивных 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 Р. Moorhead и соавторов, а их окрашивание — по Романовскому-Гимзе. В группе из 30 здоровых животных было изучено 6068 метафазных пластинок. Подсчет анеуплоидии производился согласно методике Н.П. Бочкова и соавторов. В районе содержания и разведения скота 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 химическими загрязнителями и их уровень находится в пределах санитарных норм. Поэтому экологическую обстановку в районе исследования следует считать благополучной. Показано, что в изученной выборке частота полиплоидии составила 0,59%, уровень тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии – 0,33; 0,18 и 0,06 соответственно, частота истинной гипоплоидии – 0,73, количество диплоидных клеток – 84,7%. Полученные данные можно предварительно применять в качестве нормальных значений, а также использовать при оценке интерьера животных.

CHROMOSOMAL MUTATIONS IN HIGH-YIELD HOLSTEIN COWS**D.V. Samsonov, PhD Student****S.G. Kulikova, Doctor of Biological Sciences****V.A. Andreeva, PhD Student****D.A. Aleksandrova, Master's student****Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Keywords: Holstein cattle, hypoploidy, hyperdiploid, polyploidy, aneuploidy, chromosomal mutations

Abstract. The results of the research of somatic chromosomal instability: aneuploidy and polyploidy in the blood cells of high-yield Holstein cows with the productivity of more than 9000 kg have been presented in the article. The research was conducted in JSC Vaganovo, Promyshlennovskiy District, Kemerovo Region on the population of Holstein cows. Sample preparation was carried out according to P. Moorhead et al. Samples were stained using the Romanowsky-Giemsa method. The authors studied 6068 metaphase plates in a group of 30 healthy animals. Aneuploidy was counted according to the practice of N.P. Bochkov et al. The authors also analysed the ecological situation in the area of keeping and breeding cattle. Studies of soil, fodder, organs and tissues in farm animals of different

species confirm that heavy metal and chemical pollutants are not contaminated in Western Siberia, and their levels are within sanitary norms. Therefore, the ecological situation in the study area should be considered safe. The study shows that the frequency of polyploidy was 0.59% in the studied sample. Tetraploidy, triploidy, and hexaploidy rates were 0.33; 0.18 and 0.06, respectively, the frequency of true hypoploidy was 0.73, and the number of diploid cells was 84.7%. The data obtained can be tentatively applied as average values and can also be used to evaluate the interior of the animals.

Соматическая хромосомная нестабильность – результат случайного мутагенеза или нарушения деления в соматических клетках в процессе жизни организма. Данное цитогенетическое явление довольно распространено и в небольших размерах присутствует практически в любом организме, не представляя угрозы. По данным литературы, её можно объяснить и как часть процесса усиления клеточного метаболизма у животных с высокой продуктивностью, а следовательно, более высокими показателями крови, обмена веществ [1]. Довольно редко высокое содержание полиплоидных клеток встречается у потомства здоровых животных, что может быть обусловлено высокой индивидуальной изменчивостью, но чаще это следствие какого-либо негативного воздействия в процессе развития организма или действие генетического груза, переданного родителями [2].

Для каждого вида сельскохозяйственных животных существуют нормальные значения, в пределах которых соматическая хромосомная нестабильность не влияет на показатели здоровья животного [1, 3].

Высокое количество полиплоидных клеток в организме может быть следствием патологического состояния, вызванного разными причинами – например, экологической обстановкой. Изменения в кариотипе достаточно часто могут вызывать химические загрязнители, повышенный радиационный и электромагнитный фон, накопление тяжелых металлов в организме [4–7].

Помимо химических загрязнителей, существует большое количество мутагенных факторов биологического происхождения – это бактерии и вирусы, внедряющие в результате своей жизнедеятельности чужеродные ДНК в клетки. Мутагенными свойствами обладают также паразиты, формирующие в ор-

ганизме удобное для себя жизненное пространство. Даже ветеринарные процедуры, такие как вакцинирование и лечение антибиотиками, могут повлиять на генетический аппарат [8–11].

Поэтому в настоящее время в сельском хозяйстве внедряются методы цитогенетического контроля, позволяющие выявлять и выбраковывать больных животных. Поддержание цитогенетической чистоты стада – одна из задач современного селекционера [3, 5, 7, 9, 12–15]. Однако в литературе встречается мало данных о связи соматической хромосомной нестабильности с продуктивностью животных [1, 2, 8].

В настоящее время на территории Западной Сибири проводятся цитогенетические исследования свиней пород СМ-1, кемеровской, ландрас; овец романовской породы; яков; чёрно-пёстрой, а также симментальской, якутской, серой украинской, красной степной пород скота [1, 4–9, 13, 14, 16–23].

Цель наших исследований – установить частоту показателей соматической хромосомной нестабильности у высокопродуктивных коров голштинской породы в нормальной экологической обстановке.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на популяции здоровых высокопродуктивных коров голштинской породы первой лактации с продуктивностью свыше 9000 кг, разводимой в ОАО «Ваганово» Кемеровской области. Забор крови для лабораторных цитогенетических исследований проводили из яремной вены в стерильные пробирки с раствором гепарина. В группе из 30 животных было исследовано 6068 метафазных пластинок по методу Р. Moorhead et al. [24]. Подсчёт метафазных пла-

стинок производился при иммерсионном увеличении микроскопа. Частота полиплоидии (триплоидов, тетраплоидов, гексаплоидов) определялась по 200 клеткам. Частоту истинной анеуплоидии на 100 клеток рассчитывали по количеству гиперплоидов, помноженному на два. Анализ анеуплоидии был выполнен по методике Н.П. Бочкова и соавторов [25]. Установлено количество диплоидных клеток с целью определения цитогенетической стабильности животных.

Исследования экологической обстановки в районе содержания и разведения животных показали отсутствие загрязнений тяжелыми металлами и иными химическими и биологическими загрязнителями, т.е. животные содержались в районе с благоприятной экологической обстановкой [9,10].

Результаты исследований обрабатывали статистически с использованием стандартных программ MS Excel и Statistica 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения качественных и количественных признаков у сельскохозяйственных животных важным моментом является изучение условий среды их содержания и разведения. ЗАО «Ваганово», на территории которого находились животные, принадлежит к экологически чистой зоне. По данным литературы, химические и биологические загрязнители,

а также тяжелые металлы находятся в пределах нормальных значений [9, 10, 27].

В процессе исследования показателей полиплоидии было установлено, что общее содержание полиплоидных клеток составляет менее процента – 0,59%. Были обнаружены триплоиды, тетраплоиды, гекса- и октоплоиды. Число тетраплоидов в 1,8 раза превосходило количество триплоидных клеток и в 5 раз – гексаплоидных. Было выявлено 14,1% гипоплоидных (анеуплоидных) клеток и 0,36% гиперплоидных клеток. Число истинной анеуплоидии составило менее 1%.

Большое количество анеуплоидных клеток и значительное их превосходство над гиперплоидными можно объяснить методикой приготовления препаратов из хромосом. Нерасхождение хромосом в циклах митоза и мейоза является основной причиной возникновения анеуплоидии. Поэтому количество гиперплоидных клеток должно соответствовать числу гипоплоидных, т.к. если одна дочерняя клетка получила дополнительную хромосому, то другая дочерняя клетка должна её утратить. Следовательно, критерием истинной анеуплоидии следует считать число гиперплоидных клеток, умноженное на два [25].

Общее количество диплоидных клеток – показателя цитогенетической стабильности – составило 84,7% (таблица).

Таблица

Частота форм полиплоидии и анеуплоидии у высокопродуктивных голштинских коров
Frequency of polyploidy and aneuploidy forms in high producing Holstein cows

Показатель	Число метафаз, n	Частота, %	lim
Триплоидные клетки	6000	0,181±0,054	0–3
Тетраплоидные клетки	6000	0,329±0,073	0–3
Гексаплоидные клетки	6000	0,065±0,032	0–1
Октоплоидные клетки	6000	0,016±0,016	0–1
Общая полиплоидность	6000	0,590±0,098	0–3
Анеуплоидия (расчётная)	3000	14,100±0,780	12–16
Анеуплоидия (истинная)	3000	0,733±0,128	0–1
Гиперплоидия	3000	0,366±0,190	0–1
Гипоплоидия	3000	13,733±0,10	12–16
Диплоидные клетки	6000	84,700±0,500	80–86

Полученные данные показывают, что количество полиплоидных и анеуплоидных клеток составляет менее 1% и соответствует средним значениям по данным литературы. Частота диплоидности – 84,7%. Животные с высокой продуктивностью имеют нормальные кариотипические показатели, что, несмотря на их высокое физиологическое напряжение, говорит о хорошем здоровье в стаде и нормальных экологических условиях [7,10].

Проводя исследования кариотипа сельскохозяйственных животных, надо учитывать условия их содержания и разведения, воздействие факторов среды, а также индивидуальную изменчивость.

Для крупного рогатого скота характерна высокая изменчивость по частоте хромосомных aberrаций. А.И. Жигачев приводит данные о 2,5–3% для здоровых высокопродуктивных животных и 6,5% и более для коров с пониженной репродуктивной функцией. При этом, как отмечено автором, количество aberrаций у взрослых быков в среднем выше, чем у коров, и составляет 5–6% [26]. А.С. Качура и В.С. Мелешко определяют допустимый диапазон в 0,1–11% [27].

На территории Западной Сибири для чёрно-пестрого скота Е.В. Камалдинов и др. [16] установили частоту хромосомных aberrаций, равную 4,8%. При этом количество диплоидных клеток – важного показателя кариотипической стабильности – составило 84,6%. С.Г. Куликова приводит аналогичные данные по частоте хромосомных aberrаций – 3,94%, оценивая спонтанные хромосомные aberrации черно-пестрого скота в условиях Западной Сибири [6]. Такие результаты достаточно схожи с полученными в данном исследовании.

По данным литературы установлено, что на частоту соматической хромосомной нестабильности влияет не только окружающая среда, но и генофонд животных [5, 6, 13–16]. Для каждой породы крупного рогатого скота характерен свой тип наиболее часто встречающихся аномалий кариотипа: для скота чёрно-пёстрой породы – повышенная частота гиперплоидии, красной степной – полиплоидии,

симментальской – разрывов. Межвидовая разница по частоте хромосомной нестабильности достаточна велика. Так, значения соматической хромосомной нестабильности для свиней в 2,5 раза ($P < 0,001$) превышают нормы для крупного рогатого скота [6].

Процесс интродукции или внедрения импортированных животных в стадо тоже способствует росту соматической хромосомной нестабильности. У привозных животных, как отмечают ряд авторов, гораздо больше клеток с хромосомными нарушениями, чем у местных, несмотря на стабильную экологическую обстановку. Данное явление объясняется стрессовым состоянием импортированных животных, включением механизма физиологической адаптации на новом месте [4,13].

По данным Е.В. Камалдинова и др. [16], интродуцированный серый украинский скот в экологически благополучной обстановке имеет высокую частоту соматической хромосомной нестабильности в сравнении с чёрно-пестрой породой в Западной Сибири. Так, завезенные животные имели четырехкратную разницу с местными по количеству хромосомных aberrаций. Частота полиплоидии и анеуплоидии в 1,7 раза превосходила значения для черно-пестрого скота, а количество диплоидных клеток – показателя цитогенетической стабильности – было меньше на 8%. Интродуцированный якутский скот, как и серая украинская порода, дает схожие данные по межвидовой хромосомной нестабильности [3, 16, 28]. По данным М.Л. Кочневой [4], схожая картина роста соматической хромосомной нестабильности наблюдается у привозных животных голштинской и голштинизированной чёрно-пестрой породы. Все это можно объяснить включением механизмов физиологической адаптации интродуцированных животных к новым условиям.

В современной селекционной работе кариотип животных анализируется на наличие генетического груза. Обычно большие значения частоты соматической хромосомной нестабильности являются следствием какого-либо заболевания и паталогического состояния. Больных животных, имеющих повышен-

ные показатели соматической хромосомной нестабильности, выбраковывают [1, 2, 8, 12, 14, 23, 26, 29-32].

В настоящее время у крупного рогатого скота обнаружено 200 видов хромосомных аномалий. По данным российских и зарубежных авторов, наиболее распространена у крупного рогатого скота реципрокная транслокация $gov\ 1/29$, которая сильно влияет на снижение плодовитости и фертильности. А. Iannuzzi et al. [11] приводят данные о распространении данной транслокации у итальянской фризской породы. У 16,2% исследуемых животных обеих полов с репродуктивными проблемами была обнаружена данная аномалия, а также мозаицизм XX/XU [11]. Такое же влияние на снижение репродуктивности оказывают и другие виды реципрокных транслокаций, например, $гср\ 13/26$, обнаруженная М.Л. Кочневой и соавторами у черно-пестрой породы скота в хозяйствах Новосибирской области. Данные виды перестроек существуют в соматических и половых клетках и способны передаваться по наследству [22].

Так же как у скота, у овец хромосомные аномалии являются причиной снижения плодовитости. Около четверти спонтанных абортов были обусловлены хромосомными перестройками в половых клетках родителей. При этом встречаемость носителя перестроек не превышала 1% от всего потомства. По данным литературы, у овец нормальный уровень полиплоидии варьирует от 0,53 до 1,36%, что ниже, чем у свиней, и больше, чем у крупного рогатого скота. У овец зарегистрирована 4-, 6-, 8-, 16-плоидность и даже выше. Основную массу полиплоидов составляют тетраплоиды

(60%) и октоплоиды (20%). Другие варианты полиплоидии встречаются не чаще 15% [12].

По данным В.А. Андреевой и др., исследовавших овец романовской породы в ЗАО «Ваганово», частота полиплоидных клеток овец соответствует данным литературы – 1,3%. Частота триплоидных клеток в 1,4 раза превышала таковую тетраплоидов, а частота октоплоидов была менее 0,01%. Авторы приводят также данные о влиянии генотипа баранов-производителей на количество фрагментов в клетках потомков [17].

Таким образом, предварительно установлена средняя частота некоторых показателей соматической хромосомной нестабильности. Эти данные могут быть использованы для детальной цитогенетической оценки интерьера высокопродуктивных голштинских коров как нормальные значения, а также в экологических исследованиях.

ВЫВОДЫ

1. Установлена средняя популяционная частота соматической хромосомной нестабильности у высокопродуктивных коров голштинской породы. Количество диплоидных клеток равно 84,7%.

2. Общий уровень полиплоидии составил 0,59%, частота анеуплоидии – 0,733, тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии – 0,33; 0,18 и 0,06 соответственно, а октоплоидии – 0,016%. Полученные данные предварительно можно использовать для более детальной цитогенетической оценки интерьера животных как норму для здорового крупного рогатого скота голштинской породы, а также 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. Проблемы селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: – Наука. Сиб. предпр. РАН, 1997. – 283 с.
3. Камалдинов Е.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Фонд эритроцитарных антигенов и хромосомная нестабильность у якутского скота // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – Т. 46, №2. – С. 51-56.

4. Кочнева М.Л. Цитогенетический эффект реакции импортированного скота на изменение условий среды // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Моск. междунар. конгр. – М., 2015. – С. 220–222.
5. 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.
6. 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.
7. Самсонов Д.В. Частота полиплоидии у голштинского скота // Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Нац. (всерос.) конф. – Новосибирск, 2019. – С. 346–348.
8. Способ получения высокопродуктивных производителей сельскохозяйственных животных: патент №2414124 / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков [и др.]. – Заявка №2009122691\10 от 15.06.2009.
9. 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.
10. 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. Sebezhko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Vol. 31, N 1. – С. 35–42.
11. Chromosome Abnormalities and Fertility in Domestic Bovids: A Review / A. Iannuzzi, P. Parma, L. Iannuzzi // Animals. – 2021. – Vol. 11(3). – P. 802. – <https://doi.org/10.3390/ani11030802>.
12. Биология, генетика и селекция овцы / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов [и др.]. – Новосибирск, 2010. – 524 с.
13. Куликова С.Г., Петухов В.Л., Графодатский А.С. Новый случай трисомии у крупного рогатого скота // Цитология и генетика. – 1991. – Т. 25, № 2. – С. 29–32.
14. Куликова С.Г., Эрнст Л.К., Петухов В.Л. Соматические хромосомные aberrации у крупного рогатого скота с врожденной патологией // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1996. – № 6. – С. 33–34.
15. Проблемы сельскохозяйственной экологии / А.Г. Незавитин, В.Л. Петухов, А.Н. Власенко [и др.]. – Новосибирск, 2000. – 255 с.
16. 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.
17. 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.
18. Качура В.С. Хромосомные нарушения у крупного рогатого скота (*Bos taurus* L.). // Цитология и генетика. – 1982. – Т. 16, № 4. – С. 60–71.
19. Кочнева М.Л. Мониторинг популяций сельскохозяйственных животных в разных экологических условиях: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 292 с.
20. 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 Горно-Алт. гос. ун-та. – Новосибирск, 2019. – С. 192–194.
21. Самсонов Д.В. Соматическая хромосомная нестабильность у голштинских коров в условиях Кузбасса // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3(56). – С. 346–348.

22. *Новый случай реципрокной транслокации гср (13; 26) у крупного рогатого скота* / М.Л. Кочнева, А.Н. Жиденова, Л.С. Билтулева, Т.Ю. Кисилева // *Сельскохозяйственная биология*. – 2011. – № 6. – С. 84–88.
23. *Куликова С.Г.* Спонтанные хромосомные aberrации в различных экологических условиях Западной Сибири // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 3. – С. 584.
24. *Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood* / P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman [et al.] // *Exptl Cell Res.* – 1960. – Vol. 20, N 3. – P. 613–616.
25. *Анализ анеуплоидии в культурах эмбриональных фибробластов и лейкоцитов человека* / Н.П. Бочков, В.М. Козлов, А.В. Севанькаев, М.М. Антошина // *Генетика*. – 1966. – № 10. – С. 120–124.
26. *Жигачёв А.И.* Генетический груз и мониторинг вредных мутаций в популяциях крупного рогатого скота: дис. ... д-ра биол. наук. – Л.–Пушкин: ВНИИРГЖ, 1987. –234 с.
27. *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. – T. 44, N 5. – С. 74.
28. *Cytogenetic studies of calf's of the black and white breed with congenital abnormalities* / S.G. Kulikova // *8th North American collegium on Domestic Animal Cytogenetics and Gene Mapping*. – 1993. – P. 139–141.
29. *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. – T. 9, N 6. – С. 958–964.
30. *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. – T. 9, N 4. – С. 368–374.
31. *Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation on hevvy 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. – T. 9, N 9. – С. 1530-1535.

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. *Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K., Problemy seleksii sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh*, Novosibirsk, Nauka, Sibirskoe predpriyatie RAN, 1997, 283p.
3. *Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Selskokhozyaistvennaya biologiya*, 2011, Vol. 46, No. 2, pp. 51–56. (In Russ.).
4. *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, March 17–20, 2015, Moscow, 2015, pp. 220–222. (In Russ.).
5. *Konovalova T.V., Kormoproizvodstvo, produktivnost, dolgoletie i blagopoluchie zivotnykh* (Feed production, productivity, longevity and animal welfare), Proceeding of the International Scientific conference, October 04–05, 2018, Novosibirsk, 2018, pp. 28–30. (In Russ.)
6. *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.

7. 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.)
8. Petukhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., *Sposob polucheniya vysokoproduktivnykh proizvoditelei sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh*, Patent №2414124 s 20.03.2011, Zayavka №2009122691\10 ot 15.06.2009.
9. 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.
10. 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.
11. Iannuzzi A., Parma P., Iannuzzi L., Chromosome Abnormalities and Fertility in Domestic Bovids: A Review, *Animals*, 2021, Vol. 11(3), p. 802. <https://doi.org/10.3390/ani11030802>.
12. 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.
13. Kulikova S.G., Petukhov V.L., Grafodatskii A.S., *Tsitologiya i genetika*, 1991, Vol. 25, No. 2, pp. 29–32 (In Russ.).
14. Kulikova S.G., Petukhov V.L., Ernst L.K., *Somaticheskie khromosomnye aberratsii u krupnogo rogatogo skota s vrozhdennoi patologiei* (Somatic chromosomal aberrations in cattle with congenital pathology), Proceeding of the Russian Agricultural Academy of Sciences, 1996, No. 6, pp. 33–34.
15. Nezavitin A.G., Petukhov V.L., Vlasenko A.N., *Problemy sel'skokhozyaistvennoi ekologii* (Problems of agricultural ecology), Novosibirsk, NSAU, 2000, 255 p.
16. Kamaldinov E.V., Kushnir A.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2010, No. 12 (216), pp. 67–73 (In Russ.).
17. 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.).
18. Kachura V.S., *Tsitologiya i genetika*, 1982, Vol. 16, No. 4, pp. 60–71. (In Russ.).
19. 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.
20. Samsonov D.V., *Aktualnye problemy selskogo khozyaystva gornykh 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.).
21. Samsonov D.V., *Vestnik NSAU*, 2020, No. 3 (56), pp. 123–130 (In Russ.).
22. Kochneva M.L., Zhidenova A.B., Biltuleva L.S., Kisileva T.Y., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2011, No. 6, pp. 84–88. (In Russ.).
23. Kulikova S.G., *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 3, p. 584 (In Russ.).
24. 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.
25. Bochkov N.P., Kozlov V.M., Sevankaev A.V., Antoshchina M.M., *Genetika*, 1966, No. 10, pp. 120–124 (In Russ.).

26. Zhigachev A.I., *Geneticheskii gruz i monitoring vrednykh mutatsii v populyatsiyakh krupnogo rogatogo skota* (Genetic cargo and monitoring of harmful mutations in cattle populations), Doctor's thesis, Leningrad, Pushkin, VNIIRGZh, 1987, 234 p.
27. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., 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.
28. Kulikova S.G., Cytogenetic studies of calf's of the black and white breed with congenital abnormalities, *Proceeding 8th North American collegium on Domestic Animal Cytogenetics and Gene Mapping*, 1993, pp. 139–141.
29. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V., 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.
30. 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.
31. 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 hevly 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.

