НГАУ
Новосибирский государственный аграрный университет

ISSN 2072-6724

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№4(69)
2023

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский государственный аграрный университет

Научный журнал

№ 4(69)2023

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

Учредитель: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Основан в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций

ПИ № ФС 77-35145 29.01.2009.

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

Russian Science Citation Index

Электронная версия журнала на сайте: www.elibrary.ru

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

Подписной индекс издания 94091

Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)

Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, главный редактор (Новосибирск, Россия)

Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

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

Булашев А.К. – д-р вет. наук, профессор 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, профессор 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, профессор 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)

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

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Донченко Н.А. – д-р вет. наук, чл.-корр. РАН, руководитель ИЭВСиДВ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Жучаев К.В. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры технологии и управления качеством с/х продукции ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Кауфман О. – д-р аграр. наук, профессор 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., профессор лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будеевице, Чехия)

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

Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия) **Мейсснер Р.** – д-р техн. наук, профессор кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохо- зяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия) **Ноздрин Г.А.** – д-р вет. наук, проф., профессор кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, профессор, акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)

Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

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

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

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

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

Технический редактор *Мищенко О.Н.*
Редактор *Коробкова Т.К.*
Компьютерная верстка *Колбин В.С.*
Переводчик *Рюмкина.И.Н.*
Дата выхода в свет 25 декабря 2023 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Объем 31,5 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2704.

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

© ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 2023

VESTNIK NGAU

Novosibirsk State Agrarian University

Scientific journal

No. 4(69)2023

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

The founder is Federal State State-Funded Educational Institution of Higher Education "Novosibirsk State Agrarian University"

The journal is based in December, 2005

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

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

Russian Science Citation Index

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

Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264–23–62;
Fax: +7 (383) 264–25–46
E-mail: vestnik.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 N.N. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

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

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)
Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)
Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)
Vlasenko N.G. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Science, Senior Research Fellow, Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemicalization (Novosibirsk, Russia)
Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botanics and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Glavendekich M.M. – Dr. Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)
Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)
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)
Zhuchaev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)
Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)
Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)
Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)
Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Meissner R. – Dr. tof Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)
Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)
Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)
Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)
Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)
Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)
Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O.H.*
Editor *T.K. Korobkova*
Desktop publishing: *Kolbin V.S.*
Translator: *Ryumkina. I.N.*
Date of publication December 25 2023. Free price.
Size is 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Volume contains 31,5 publ. sheets. Offset paper is used.
Typeface "Times New Roman" is used. Order no. 2704.

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

© FSSFEI HE "Novosibirsk State Agrarian University", 2023

АГРОНОМИЯ

Беляев А.А., Колоколов Р.Р., Казакова О.А., Лутов В.И. Патогенные свойства возбудителей и поражение сортов земляники микозами корневой системы. 5

Галеев Р.Р., Жучаев К.В., Сороколетов О.Н., Петров А.Ф., Новиков Е.В., Мирошников П.Н. Эффективность применения препарата Тропиканка 1 на картофеле в лесостепи Приобья. 14

Калмыкова Е.В., Передриенко А.И. Рекреационный потенциал лесопарковых территорий города Волгограда. 24

Катаев А.С. Формирование урожайности и качества клубней топинамбура при разных приемах посадки. 32

Коробов В.А., Ивлева А.Е., Жучаев К.В., Сороколетов О.Н., Вышегуров С.Х. Эффективность препарата на основе животноводческих стоков на озимой и яровой пшенице. 42

Масленникова В.С., Цветкова В.П., Нестеренко В.А. Биологизация технологии возделывания картофеля в Западной Сибири. 48

Мирсаяпов Р.Р., Асылбаев И.Г. Запасы углерода в почвах Дмитриевского сельского совета Уфимского района Республики Башкортостан. 58

Муратов А.А., Епифанцев В.В., Туаева Е.В. Зависимость урожайности и её структуры от предпосевной обработки семян яровой тритикале (× *triticosecale*) в условиях Приамурья. 74

Паркина О.В., Якубенко О.Е., Ван Ч., Нгуен Н.Т. Оценка сортов фасоли обыкновенной на адаптивность и продуктивность в условиях лесостепи Приобья. 86

Расулов Р.К., Ламм А.К. Модели повышения урожайности на основе комплексного применения цифровых двойников сельскохозяйственного профиля. 96

Садохина Т.А., Садохин А.Н. Влияние эндофитного гриба *Metarhizium robertsii* на рост и развитие кормовых бобов сорта Сибирские. 108

Стороженко А.А., Лутов В.И., Беляев А.А. Влияние сухой формы штаммов бактерий рода *Bacillus* на садовую землянику в маточных насаждениях. 116

Вышегуров С.Х., Сакович Д.А., Пальчикова Е.В. Сезонная динамика оводненности побегов ресурсных видов кустарников в условиях средиземноморских субаридных субтропиков. 125

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Биттиров А.М., Газаева А.А., Биттиров И.А., Биттиров Р.Б. Патоморфологическая оценка эффектов препарата Клозалбент Ф на ткани и цитоструктуру трематоды *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855). 140

Гончаренко Г.М., Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М., Хорошилова Т.С., Халина О.Л., Солошенко В.А., Ермолаев В.И., Кочнев Н.Н. Генетические маркеры в селекции овец. 147

Дуров А.С., Солошенко В.А., Плешаков В.А. Оценка селекционной структуры стада крупного рогатого скота казахской белоголовой породы. 162

AGRONOMY

Belyaev A.A., Kolokolov R.R., Kazakova O.A., Lutov V.I., Athogenic properties of pathogens and the damage of strawberry varieties by mycoses of the root system. 5

Galeev R.R., Zhuchaev K.V., Sorokoletov O.N., Petrov A.F., Novikov E.V., Miroshnikov P.N. Effectiveness of applying the preparation Tropikanka 1 on potatoes in the forest steppe of the Obie region 14

Kalmykova E.V., Peredrienko A.I. Recreational potential of forest park territories of the city of Volgograd. 24

Kataev A.S. Formation of yield and quality of topinambur tubers with different planting techniques. 32

Korobov V.A., Ivleva A.E., Zhuchaev K.V., Sorokoletov O.N., Vyshegurov S.H. Effectiveness of a preparation based on animal effects on winter and spring wheat. 42

Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Nesterenko V.A. Biologization of potato cultivation technology in Western Siberia. 48

Mirsayapov R.R., Asylbaev I.G. Carbon reserves on the soils of the Dmitrievsky village council of the Ufa district of the Republic of Bashkortostan. 58

Muratov A.A., Epifantsev V.V., Tuaeva E.V. The dependence of yield and its structure on pre-sowing treatment of spring triticale (×triticosecale) seeds in the Amur region. 74

Parkina O.V., Yakubenko O.E., Wang Zhenfen, Nguyen Nam T. Assessment of common bean varieties for adaptability and productivity in the forest-steppe conditions of the Priobye. 86

Rasulov R.K., Lamm A.K. Models for increasing productivity based on the integrated application of agricultural digital twins 96

Sadokhina T.A., A.N. Sadokhin A.N. Influence of the endophytic fungus *Metarhizium robertsii* on the growth and development of forage beans siberian varieties. 108

Storozhenko A.A., Lutov V.I., Belyaev A.A. Influence of dry form of bacteria strains of the genus *bacillus* on garden strawberry in maternal plants. 116

Vyshegurov S.H., Sakovich D.A., Palchikova E.V. Seasonal dynamics of hydration of shoots of resource species of shrubs in the mediterranean subarid subtropics 125

VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES

Bittirov A.M., Gazaeva A.A., Bittirov I.A., Bittirov R.B. Pathological evaluation of the effects of the drug clozalbent f on tissues and cytostructure of the trematode Fasciola gigantica (Cobbold, 1855). 140

Goncharenko G.M., Khamiruev T.N., Dashinimaev S.M., Khoroshilova T.S., Halina T.S., Soloshchenko V.A., Kochnev N.N. Genetic markers in sheep breeding. 147

Durov A.S., Soloshenko V.A., Pleshakov V.A. Assessment of the selection structure of the kazakh white-headed cattle herd. 162

Зайко О.А., Коновалова Т.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Себежко О.И., Глущенко Е.Е. Межвидовые особенности аккумуляции и изменчивости меди в скелетной мускулатуре сельскохозяйственных животных.	**Zayko O.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I., Glushchenko E.E.** Interspecific features of copper accumulation and variability in the skeletal muscle of farm animals.	**173**
Кишняйкина Е.А., Жучаев К.В., Князева Ю.В., Солошенко В.А., Ермолаев В.И. Влияние адсорбента на продуктивные качества кур родительского стада кросса Ross 308.	**Kishnyaykina E.A., Zhuchaev K.V., Knyazeva Yu.V., Soloshenko V.A., Ermolaev V.I.** Influence of adsorbent on the productive qualities of Ross 308 parent flock chickens.	**186**
Колесникова М.А., Горб Н.Н., Ермакова Л.П., Сороколетова В.М., Гудков С.Н. Легкость отела коров молочного направления продуктивности.	**Kolesnikova M.A., Gorb N.N., Ermakova L.P., Sorokoletova V.M., Gudkov S.N.** Easy of calving cows for dairy productivity.	**194**
Краснолобова Е.П., Веремеева С.А., Козлова С.В., Череменина Н.А., Татарникова Н.А., Мильштейн И.М. Патоморфологические изменения органов при аспергиллезе у лебедя-шипуна (клинический случай).	**Krasnolobova E.P., Veremeeva S.A., Kozlova S.V., Cheremenina N.A., Tatarnikova N.A., Milshtein I.M.** Pathomorphological changes in the organs in aspergillosis in the shouter swan (clinical case).	**201**
Кузнецова К.Г., Мечтаева Е.В., Мещеряков А.А., Журавлева А.З., Чернов А.Д, Котова Г.П., Ситнов В.Ю., Рябухин Д.С. Влияние белковой добавки в рационе личинок *Hermetia illucens* на аккумуляцию белка и прирост биомассы.	**Kuznetsova K.G., Mechtaeva E.V., Meshcheryakov A.A., Zhuravleva A.Z., Chernov A.D., Kotova G.P., Sitnov V.Yu., Ryabukhin D.S.** Influence of protein supplement in the diets of larvae *Hermetia illucens* on protein accumulation and biomass growth.	**213**
Мирошников П.Н., Жучаев К.В., Сороколетов О.Н., Коробов В.А., Евсюкова В.В. Качество и безопасность стимулятора роста растений, полученного из побочных продуктов птицеводства.	**Miroshnikov P.N., Zhuchaev K.V., Sorokoletov O.N., Korobov V.A., Evsyukova V.V.** Quality and safety of a plant growth stimulant obtained from poultry by-products.	**225**
Мирошников П.Н., Жучаев К.В., Осинцева Л.А., Ермолаев В.И., Зданович О.В. Оценка противомикробной активности экстрактов душицы обыкновенной и сабельника болотного в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий.	**Miroshnikov P.N., Zhuchaev K.V., Osintseva L.A., Ermolaev V.I., Zdanovich O.V.** Evaluation of the antimicrobial activity of the extracts of oregano and marsh cinquefoil against gram-positive and gram-negative bacteria.	**233**
Моруzи И.В., Митяев Е.М., Пищенко Е.В., Осинцева Л.А., Кропачев Д.В. Естественная кормовая база рыбоводных прудов и ее использование при выращивании сеголетков карпа.	**Moruzi I.V., Mityaev E.M., Pishchenko E.V., Osintseva L.A., Kropachev D.V.** Natural food base of fish culture ponds and its use in growing fellow of carp.	**241**
Осинцева Л.А. Состояние популяций медоносных пчёл *Apis mellifera* L. при росте пестицидной нагрузки в агроценозах.	**Osintseva L.A.** The state of populations of honey bees, Apis mellifera L., with an increase in the pesticide load in agrocenoses.	**253**
Самсонова И.Д., Плахова А.А. Современные методы оценки ресурсов медоносных угодий.	**Samsonova I.D., Plakhova A.A.** Modern methods of assessing the resources of honeylands.	**272**
Слепцов И.И., Мирошников С.А., Фролов А.Н. Оценка влияния концентрации кальция в шерсти быков-производителей на качественные характеристики спермы.	**Sleptsov I.I., Miroshnikov S.A., Frolov A.N.** Evaluation of the effect of calcium concentration in the wool of sires on semen quality characteristics.	**286**
Тарасенко Е.И., Коновалова Т.В., Осадчук Л.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л., Себежко О.И. Влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у свиней породы ландрас.	**Tarasenko E.I., Konovalova T.V., Osadchuk L.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezhko O.I.** Influence of mother's genotype on the concentration and variability of triiodothyronine in landrace pigs.	**294**
Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б. Полиморфизм сывороточных белков крови табунных лошадей (*Equus ferus caballus*) забайкальской породы.	**Khamiruev T.N., Bazaron B.Z., Goncharenko G.M., Grishina N.B.** Polymorphism of serum blood proteins of herd horses (Equus ferus caballus) of the transbaikal breed.	**304**
Шевченко А.И., Шевченко С.А., Заборских Е.Ю., Бугуев Е.Г. Пробиотический препарат СБТ-Лакто и фитобиотик экстракт чабреца как стимуляторы роста телят.	**Shevchenko A.I., Shevchenko S.A., Zaborskikh E.Y., Buguev E.G.** Probiotic preparation SBT-Lacto and phytobiotic thyme extract as growth stimulants in calves.	**313**
Ян Ф., Афонюшкин В.Н., Коптев В.Ю., Новик Я.В., Ермакова Л.П. Перспективы создания пероральной вакцины против орнитобактериоза птиц.	**Jan F., Afonyushkin V.N., Koptev V.Yu., Novik Ya.V., Ermakova L.P.** Prospects for the creation of an oral vaccine against ornithobacteriosis of birders.	**319**
ХРОНИКА. СОБЫТИЯ. ФАКТЫ	**CHRONICLE. EVENTS, FACTS**	
Донченко А.С., Папков С.А., Рудой Е.В. Наркомы земледелия РСФСР эпохи новой экономической политики (1921-1928).	**Donchenko A.S., Papkov S.A., Rudoy E.V.** People's commissars of agriculture of the RSFSR in the era of the new economic policy (1921-1928).	**327**

АГРОНОМИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-5-13
УДК 579.26+632.937

ПАТОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ВОЗБУДИТЕЛЕЙ И ПОРАЖЕНИЕ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ МИКОЗАМИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ

А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Р.Р. Колоколов, аспирант
О.А. Казакова, кандидат биологических наук
В.И. Лутов, кандидат сельскохозяйственных наук
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Ключевые слова: земляника, сорта, фитопатогены, патогенность, показатели роста, развитие болезни, вертициллёз, фузариоз.

Реферат. *У изолятов грибов, выделенных из растений земляники садовой, Fusarium semitectum Berk. et Ravenel и Verticillium albo-atrum Reinke et Berth, доказано наличие патогенных свойств. В полевых условиях искусственная инокуляция этими изолятами повышала развитие вертициллеза до 24,0–57,0 %, фузариоза – до 26,0–31,0%, что существенно превышало развитие корневых гнилей в контроле (на уровне 2,0–2,2%). Ингибирование длины надземной системы у зараженных растений достигало 6,5–30,5% относительно контроля. В лабораторном опыте доказано наличие патогенных свойств у изолята гриба Fusarium solani (Mart.) Sacc., также выделенного из растений земляники. Искусственная инокуляция вызывала уменьшение длины надземной системы на 33,2%, количества новых листьев – на 53,8, длины корней – на 43,9% и увеличивала некроз корневища в 3,2 раза относительно контроля. Общее состояние растений земляники в контроле было удовлетворительным – 3,2 балла. Негативное влияние фитопатогена в вариантах с инокуляцией проявлялось в снижении состояния растений до уровня 1,3–1,4 балла. Относительную устойчивость к фузариозу земляники по результатам трехлетнего наблюдения проявляли сорта Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка (развитие болезни в среднем за три года составило от 2,8 до 5,7% при 11,3% у стандартного сорта Юния Смайдс). Относительную устойчивость к вертициллезу земляники имели сорта Фея, Гибрид 5-90-21, Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка, Фестивальная, Анастасия (развитие болезни в среднем за три года составило от 0 до 1,8% при 8,9% у стандарта).*

PATHOGENIC PROPERTIES OF PATHOGENS AND THE DAMAGE OF STRAWBERRY VARIETIES BY MYCOSES OF THE ROOT SYSTEM

A.A. Belyaev, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
R.R. Kolokolov, PhD student
O.A. Kazakova, PhD in Biological Sciences
IN AND. Lutov, PhD in Agricultural Sciences
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Keywords: strawberries, varieties, phytopathogens, pathogenicity, growth rates, disease development, verticillus, fusarium.

Abstract. *Fungal isolates isolated from garden strawberry plants Fusarium semitectum Berk. Et Ravenel and Verticillium albo-atrum Reinke et Berth proved to be pathogenic. Under field conditions, artificial inoculation with these isolates increased the development of verticillium disease to 24.0-57.0% and the development of fusarium disease to 26.0-31.0%, which significantly exceeded the growth of root rot in control at the level of 2.0-2.2%. Inhibition of the above-ground system length in infected plants reached 6.5-30.5% relative to the control. In a laboratory experiment, the presence of pathogenic properties in an isolate of the fungus Fusarium solani (Mart.)*

Sacc., also isolated from strawberry plants, was proved. Artificial inoculation caused a decrease in the length of the above-ground system by 33.2%, the number of new leaves by 53.8%, a reduction in the size of the roots by 43.9%, and increased rhizome necrosis by 3.2 times relative to the control. The general condition of strawberry plants in the control was satisfactory by 3.2 points. The negative effect of the phytopathogen in variants with inoculation was manifested in a decrease in the state of plants to a level of 1.3-1.4 points. According to the results of a 3-year observation, the varieties Alexandrina, Festivalnaya Romashka, and Solnechnaya Polyanka showed relative resistance to fusarium disease of strawberries (the development of the disease on average over three years ranged from 2.8 to 5.7%, with 11.3% in the standard variety Yunia Smaids). Varieties Feya, hybrid Lutova, Aleksandrina, Festivalnaya Romashka, Solnechnaya Polyanka, Festivalnaya, and Anastasia had relative resistance to verticillium disease (the development of the disease on average over three years ranged from 0 to 1.8%, with 8.9% for the standard).

Садовая земляника (*Fragaria ×ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier) – наиболее популярная ягодная культура, выращиваемая на различных континентах и ценимая населением за отличное качество плодов, высокую урожайность, скороплодность. Используется для употребления плодов в свежем виде, для детского, диетического питания, для различных видов переработки, в лекарственных целях, а также как декоративное растение. Это вечнозеленое многолетнее травянистое растение выращивается как в закрытом, так и в открытом грунте. По-видимому, наиболее суровой природной зоной, где распространено выращивание земляники в открытом грунте, являются регионы Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации. В Западной Сибири в течение XX–XXI вв. создан сибирский сортимент земляники, в настоящее время включающий 37 сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений, из которых 10 сортов выведены в Сибири и являются адаптированными к сибирским условиям [1]. Остальные сорта, созданные в других регионах, прошли тщательное изучение в процессе интродукции.

Для сибирских условий разработаны технологические рекомендации по выращиванию земляники в открытом грунте, включающие выбор участка и организацию территории, севооборот и предпосадочную подготовку почвы (в том числе сидеральные пары), методы выращивания посадочного материала, способы ухода за посадками, защитные мероприятия от болезней и вредителей. Стрессовыми факторами для садовой земляники в условиях Сибири являются низкие температуры в период зимовки, особенно при отсутствии снегового покрова (поздней осенью или ранней весной), длительные периоды сильных морозов при температуре -30…-35°С и ниже, вызывающие вымерзание растений, а также высокий снеговой покров на незамерзшей почве, приводящий к переувлажнению, дефициту кислорода в почве и последующему выпреванию растений земляники [2–5]. В весенний период стрессовое влияние на землянику оказывают засушливые периоды с суховейными ветрами, приводящие к весеннему ожогу перезимовавших листьев [6, 7]. Указанные стрессы ослабляют растения, снижают их устойчивость к инфекционным заболеваниям, прежде всего, передающимся через почву. В качестве возбудителей вертициллеза земляники отмечены *Verticillium dahlia* Klebahn, *V. albo-atrum* Reinke et Berth., *V. lateritium* Berk. [8, 9], в качестве возбудителей фузариоза – *Fusarium oxysporum* Schlecht., *Fusarium sporotrichiella* Sherb. [10–12].

Цель исследования – определение патогенных свойств возбудителей микозов корневой системы садовой земляники в условиях лесостепи Приобья и оценка поражаемости сортов земляники фузариозом и вертициллезом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проведено в 2017–2023 гг. в посадках земляники сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» Новосибирской области и в лабораторных условиях кафедры защиты растений Новосибирского государственного аграрного университета. Хозяйство расположено в подзоне дренированной лесостепи Приобья, почва серая лесная, предшественник – черный пар. Объекты исследования: растения земляники 10 сортов из коллекции СХА «Сады Сибири» с площадью под каждым сортом 60–150 м^2; культуры фитопатогенных грибов – возбудителей фузариоза и вертициллеза земляники.

Период вегетации в 2020 г. отличался жаркими условиями – сумма эффективных температур (СЭТ) выше +5°С за вегетацию составила 1725,3 °С и был достаточно увлажненным (гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову 1,3). Вегетационный период 2018 г. оказался достаточно холодным с суммой эффективных температур выше +5°С 1434,4°С и по значению ГТК, равному 1,3, достаточно увлажненным. Остальные годы исследований (2017, 2019, 2021–2023-й) были достаточно тёплыми с СЭТ 1554,8–1660,6°С, ГТК 1,0–1,4, однако 2022 г. оказался наиболее засушливым (ГТК 0,6).

Выкопанные в полевых условиях больные растения земляники в лаборатории тщательно промывали в воде, удаляя почву, затем в стерильной воде. Стерильным лезвием продольно разрезали корневище. Отрезки корневища длиной 2–3 мм стерилизовали 70%-м спиртом, размещали в чашки Петри на агар Чапека и культивировали в термостате при температуре 26°С. Идентификацию выделенных культур грибов проводили путем анализа их культурально-морфологических характеристик с использованием известных методик [11, 13].

Искусственное заражение земляники культурами грибов проводили в лабораторных и полевых условиях. Саженцы земляники в фазе 2–3 настоящих листьев отмывали от почвы на корнях. Инокуляцию растений проводили трехнедельными культурами грибов путем прикладывания их агаровых блоков диаметром 10 мм к поверхности корневища саженца, которое предварительно повреждали уколом лабораторной иглой на глубину 0,2–0,3 мм, прикрепляемых к корневищу стерильной ватой, смоченной в стерильной воде. Инокулированные растения высаживали в пластиковые контейнеры (в лаборатории) или в почвенную гряду (на полевом участке). В контрольном варианте саженцы промывали в воде, наносили поранения на корневище и высаживали. Повторность – пятикратная в лабораторном опыте и десятикратная в опыте в полевых условиях (5–10 растений в каждом варианте). Схема посадки в полевых условиях однострочная: расстояние между растениями 20 см в ряду и 90 см в междурядьях. После посадки через 7 дней учитывали приживаемость, а через 4 недели – признаки роста и пораженности болезнями. Оценку поражения болезнями растений проводили по общепринятым в сортоизучении методикам по 5-балльным шкалам для вертициллеза земляники [14] и фузариоза [7].

В статистической обработке данных использованы методы оценки достоверности различий между средними величинами с использованием критерия Стьюдента (t-тест), дисперсионного анализа [15] и пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период исследования нами были выделены из растений земляники изоляты грибов *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr., *F. semitectum* Berk. et Ravenel и *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth. В условиях искусственного заражения в лабораторных и полевых условиях было проведено доказательство наличия у них патогенных свойств.

Симптомы вертициллеза проявлялись в хронической форме в виде задержки роста, измельчания листьев, отмирания части периферийных листьев, некрозе и загнивании корневища. При поражении фузариозом нижние листья увядшие и отмирающие, молодые листья мелкие, хлоротичные, с покрасневшими черешками, наблюдалась сухая гниль корневища.

В лабораторных условиях проведена инокуляция растений грибом *Fusarium solani* и оценены симптомы и показатели роста растений. Растения высаживали в пластиковые контейнеры 22 октября 2020 г. и проводили 4 учета их состояния через 4; 5,5; 6 и 7,5 недели после посадки растений (табл. 1, 2).

Достоверное снижение *длины старых листьев* наблюдалось лишь при третьем учете (через 6 недель после высадки растений), в варианте с инокуляцией длина надземной части составила 3,4 см, что на 1,8 см (34,1%) меньше, чем в контроле.

По *длине новых листьев* достоверные различия с контролем были получены также во время третьего учета. Разность между контролем и инокуляцией составила 2,4 см, что было достоверно меньше (на 33,2%) длины новых листьев в контроле, составившей 7,3 см.

Таблица 1

Показатели роста растений земляники при заражении грибом *Fusarium solani*
Growth indicators of strawberry plants infected with the fungus *Fusarium solani*

Срок учета	Вариант	Длина надземной части, см (живые старые листья)	Количество старых листьев, на растение	Длина надземной части, см (живые новые листья	Количество новых листьев на растение	Общее состояние, баллов
1-й, 17 ноября 2020 г.	Контроль	4,5 ± 0,4	7,2 ± 0,7	6,8 ± 0,7	5,4 ± 1,5	3,2 ± 0,3
	Инокуляция	5,5 ± 0,8	6,6 ± 0,6	4,8 ± 1,3	3,8 ± 0,7	2,2* ± 0,3
2-й, 27 ноября 2020 г.	Контроль	5,1 ± 0,2	6,6 ± 0,6	7,5 ± 0,6	6,6 ± 1,5	2,7 ± 0,5
	Инокуляция	4,1 ± 1,1	4,8* ± 1,2	5,5 ± 1,9	4,2* ± 0,6	1,4* ± 0,5
3-й, 1 декабря 2020 г.	Контроль	5,2 ± 0,1	6,6 ± 0,6	7,3 ± 0,8	7,8 ± 1,0	2,7 ± 0,3
	Инокуляция	3,4* ± 1,4	4,2* ± 1,8	4,9* ± 2,1	3,6* ± 0,6	1,3* ± 0,6

Примечание. Здесь и далее: * P<0,05 в сравнении с контролем.
Note. Here and below: * P <0.05 compared with control

Количество живых старых листьев на одном растении земляники при первом учете (через 4 недели после высадки растений) в контроле составило 7,2, в варианте с инокуляцией – 6,6. Достоверные различия получены только во второй и третий сроки, количество листьев на растение в контроле составило 6,6, в варианте с инокуляцией – 4,8 и 4,2 соответственно (снижение на 27,3 и 36,%).

Снижение *количества новых листьев* также было достоверно подтверждено только при втором и третьем учетах. В контроле количество листьев на растение составило 6,6–7,8, в варианте с инокуляцией – 4,2–3,6, что на 36,4 и 53,8% меньше, чем в контроле.

Общее состояние растений земляники в контроле было удовлетворительным – 3,2 балла, в варианте с инокуляцией – 2,2 балла, т.е. на 1 балл меньше, чем в контроле. При последующих учетах негативное влияние патогена на состояние растений в вариантах с инокуляцией увеличилось до двукратного ослабления – на уровне 1,3–1,4 балла. Достоверные различия с контролем были получены во все сроки учета в варианте с инокуляцией.

Распространенность некроза корневища на продольном разрезе органа в контроле составила 20,0%, в варианте с инокуляцией – 60,0%, т.е. в 3 раза больше, чем в контроле (табл. 2). Степень поражения некрозом корневища в контроле была на уровне 25%, а в варианте с инокуляцией изолятом *F. solani* достигала 80%, статистически достоверная разность (P<0,05) – 55% (увеличение в 3,2 раза). Некроз листьев при инокуляции достигал развития 80,0%, что достоверно выше некроза у контрольных растений (20,0%).

Статистически достоверно также доказано *снижение длины корней* в варианте с инокуляцией, где она составила 6,4 см при 11,4 см в контроле (разность 5 см, снижение в варианте с инокуляцией на 43,9%).

В полевых условиях оценивали патологическое воздействие на растения грибов *Verticillium albo-atrum* и *Fusarium semitectum* в наблюдениях 2017–2020 гг. В год посадки растений в опыте контрольные растения поражались корневыми инфекциями, вызванными естественным запасом инокулюма возбудителей, накопившимся в почве, на уровне 2,0% (очень слабое поражение), и в последующие годы наблюдения данный уровень поражения в контроле сохранился (табл. 3). В вариантах с инокуляцией *V. albo-atrum* и *F. semitectum* в 2017 г. наблюдалась статистически достоверное (P<0,05) увеличение степени поражения до 24,0–26,0%. В 2018 г. уровень поражения в вариантах с искусственной инокуляцией достоверно (P<0,05) выро

до уровня 32,0% (инокуляция *V. albo-atrum*) и 28,0% (инокуляция *F. semitectum*), в 2019 г. – до уровня 57,0 и 31,0%. По завершении опыта в 2020 г. у выкопанных опытных растений была измерена площадь некроза на продольном сечении корневища, которая в контроле составила 18,0%, в варианте с инокуляцией *V. albo-atrum* – 64,0, с иокуляцией *F. semitectum* – 51,1%, что статистически достоверно превышало уровень контроля в 3,6 и 2,8 раза.

Таблица 2

Патологические показатели и длина корней растений земляники при заражении грибом *Fusarium solani* через 7,5 недели после посадки растений
Pathological indicators and length of roots of strawberry plants when infected with the fungus *Fusarium solani* 7.5 weeks after planting

Срок учета	Вариант	Некроз корневища на продольном разрезе, %		Некроз листьев, %	Длина корней, см
		распространенность	степень поражения		
4-й, 10 декабря 2020 г.	Контроль	20,0 ± 20,0	25,0 ± 15,8	20,0 ± 20,0	11,4 ± 0,9
	Инокуляция	60,0* ± 20,0	80,0* ± 20,0	80,0* ± 20,0	6,4* ± 1,3

Таблица 3

Влияние искусственной инокуляции грибами *Verticillium albo-atrum* и *Fusarium semitectum* на развитие поражения растений земляники корневыми инфекциями (сорт Юния Смайдс, средние за 2017–2020 гг.)
The influence of artificial inoculation with fungi *Verticillium albo-atrum* and *Fusarium semi-tectum* on the development of damage to strawberry plants by root infections (variety Junia Smids, average for 2017–2020)

Год	Естественный фон (контроль)	Инокуляция *Verticillium albo-atrum*	Инокуляция *Fusarium semitectum*
Степень поражения, баллов, при учете в конце вегетации			
2017	2,0	24,0*	26,0*
2018	2,0	32,0*	28,0*
2019	2,2	57,0*	31,0*
$НСР_{05}$ по фонам и годам = 0,23			
Некротизация корневища на продольном сечении, %, при учете 2 августа			
2020	18,0	64,0*	51,1*
$НСР_{05}$ по фонам = 9,6			

Измерение длины надземной части в год посадки растений (2017-й) показало достоверное ($P<0,05$) снижение в варианте с инокуляцией *V. albo-atrum* на 2,1 см, *F. semitectum* – на 0,7 см при 25,4 см в контроле (табл. 4). В последующие два года наблюдений (2018-й и 2019-й) доказано более сильное ингибирование роста в варианте с инокуляцией *V. albo-atrum* – на 5,8–6,7 см (26,4–30,5%) и с инокуляцией *F. semitectum* – на 1,4–6,0 см (6,5–27,8%) при 22,0 и 21,6 см у контрольных растений.

Таким образом, полученные опытные данные подтверждают наличие патогенных свойств у изолятов *F. semitectum, F. solani.* и *V. albo-atrum.*

Таблица 4

Влияние искусственной инокуляции грибами *Verticillium albo-atrum* и *Fusarium semitectum* на длину надземной части растений земляники (сорт Юния Смайдс, 2017–2019 гг., СХА «Сады Сибири», учеты в конце вегетации), см

The effect of artificial inoculation with the fungi *Verticillium albo-atrum* and *Fusarium semi tectum* on the length of the aerial parts of strawberry plants (variety Junia Smids, 2017–2019, Agricultural Academy "Gardens of Siberia", surveys at the end of the growing season), cm

Год	Естественный фон (контроль)	Инокуляция *Verticillium albo-atrum*	Инокуляция *Fusarium semitectum*
2017	25,4	23,3*	24,7*
2018	22,0	15,3*	16,2*
2019	21,6	15,6*	20,2*
$НСР_{05}$ по фонам и годам = 0,6 см			

Поражение сортов корневыми инфекциями. Для учета поражения растений земляники нами было взято 10 сортов из коллекции садовой земляники СХА «Сады Сибири»: Фея, Барабинская, Юния Смайдс, Гибрид 5-90-21, Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка, Фестивальная, Первоклассница и Анастасия (табл. 5), в качестве эталонного варианта был выбран распространенный в Сибири сорт Юния Смайдс. Сорта Барабинская, Гибрид 5-90-21, Александрина, Солнечная полянка, Первоклассница и Анастасия выведены в условиях Западной Сибири.

Таблица 5

Оценка поражения фузариозом на растениях земляники посадки 2020–2022 гг. в коллекции СХА «Сады Сибири» (развитие болезни, %, учет в первой декаде июня 2021–2023 гг.)

Assessment of Fusarium damage on strawberry plants planted in 2020–2022. in the collection of the Agricultural Academy "Gardens of Siberia" (disease development, %, registration in the first ten days of June 2021–2023)

Сорт	Учет 2021 г. (посадка 2020 г.)	Учет 2022 г. (посадка 2021 г.)	Учет 2023 г. (посадка 2022 г.)
Фея	13,6**	10,4**	2,4*
Барабинская	10,8	18,4**	2,8*
Юния Смайдс (стандарт)	9,6	4,8	19,6
Гибрид 5-90-21	3,6*	21,6**	0,0*
Александрина	8,4	0,0*	0,0*
Фестивальная ромашка	7,2	0,0*	0,0*
Солнечная полянка	12,0	0,0*	5,2*
Фестивальная	14,8**	2,4	5,6*
Первоклассница	25,2**	17,6**	2,8*
Анастасия	10,0	6,0	13,0
$НСР_{05}$	3,2	3,2	11,4

* Статистически достоверно (P<0,05) ниже стандарта.
** Статистически достоверно выше стандарта.
* Statistically significant (P <0.05) below the standard.
** Statistically significantly higher than standard.

Развитие фузариоза на опытном участке после перезимовки земляники, посаженной в 2020 г., в 2021 г. наблюдалось на всех сортах. В варианте с сортом Юния Смайдс оно составило 9,6%. Наименьшие показатели развития болезни наблюдались у сорта Гибрид 5-90-21 – 3,6%, что достоверно (P<0,05) ниже, чем у стандартного сорта. Наибольшее развитие болезни отмече-

но у сорта Первоклассница – 25,2%, на 15,6% выше сорта Юния Смайдс, а также у сортов Фея (13,6%) и Фестивальная (14,8%), статистически достоверно выше стандарта.

В насаждениях 2021 г. после перезимовки в третьей декаде мая 2022 г. развитие болезни у сорта Юния Смайдс составило 4,8%. У сорта Гибрид 5-90-21 наблюдалось наивысшее развитие болезни – до уровня 21,6%, что на 16,8% больше относительно сорта Юния Смайдс, также достоверно выше стандарта поражались сорта Фея (10,4%), Барабинская (18,4%), Первоклассница (17,7%). В вариантах с сортами Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка признаки болезни отсутствовали. У сортов Фестивальная и Анастасия развитие фузариоза было на уровне стандартного сорта – 2,4–6,0%.

В насаждениях земляники 2022 г. учет поражения фузариозом проведен в первой декаде июня 2023 г. Стандартный сорт Юния Смайдс имел развитие фузариоза на уровне 19,6%. На уровне стандарта поражался также сорт Анастасия (13,0%). Статистически достоверно ($P<0,05$) ниже стандарта было развитие болезни у сортов Фея (2,4%), Барабинская (2,8%), Гибрид 5-90-21 (0,0%), Александрина (0,0%), Фестивальная ромашка (0,0%), Солнечная полянка (5,2%),Фестивальная (5,6%), Первоклассница (2,8%).

Таким образом, по данным наблюдений за посадками земляники 2020–2022 гг. относительную устойчивость к фузариозу земляники (минимальное поражение фузариозом на уровне стандарта или достоверно ниже стандарта) имели сорта Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка (развитие болезни в среднем за 3 года составило от 2,8 до 5,7% при 11,3% у стандартного сорта Юния Смайдс). Максимальные уровни поражения на одинаковом уровне со стандартом или достоверно выше, доказаны у сортов Фея, Фестивальная, Первоклассница.

Оценка поражения вертициллезом растений, посаженных в 2020 г., показала отсутствие сипмтомов заболевания после их перезимовки в первой декаде июня 2021 г.

В учете уровня поражения вертициллезом растений, посаженных в 2021 г., отмечено после перезимовки растений в начале июня 2022 г. развитие болезни у стандартного сорта Юния Смайдс на уровне 10,7% (табл. 6). Статистически достоверно ($P<0,05$) на одинаковом уровне со стандартом поражались сорта Барабинская (9,3%) и Первоклассница (8,0%). Остальные сорта либо не поражались вертициллезом, либо поражались статистически достоверно ниже стандарта – сорт Фея (5,3%).

Таблица 6

Оценка поражения вертициллезом на растениях земляники посадки 2020–2022 гг. в коллекции СХА «Сады Сибири» (развитие болезни, %, учет в первой декаде июня 2021–2023 гг.)
Assessment of verticillium damage on strawberry plants planted in 2020–2022. in the collection of the Agricultural Academy "Gardens of Siberia" (disease development, %, registration in the first ten days of June 2021–2023)

Сорт	Учет 2021 г. (посадка 2020 г.)	Учет 2022 г. (посадка 2021 г.)	Учет 2023 г. (посадка 2022 г.)
Фея	0,0	5,3*	0,0*
Барабинская	0,0	9,3	0,0*
Юния Смайдс (стандарт)	0,0	10,7	16,0
Гибрид 5-90-21	0,0	0,0*	1,6*
Александрина	0,0	0,0*	3,2*
Фестивальная ромашка	0,0	0,0*	0,0*
Солнечная полянка	0,0	0,0*	0,0*
Фестивальная	0,0	0,0*	3,2*
Первоклассница	0,0	8,0	0,0*
Анастасия	0,0	0,0*	4,0*
$НСР_{05}$	-	3,9	3,9

В 2022 г. развитие болезни в варианте со стандартным сортом Юния Смайдс составило 16,0%, на 5,3% больше, чем в прошлом году. Достоверные эффекты (P<0,05) снижения пораженности болезнью наблюдались у всех остальных сортов, у которых заболевание либо отсутствовало – сорта Фея, Барабинская, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка, Первоклассница, либо было ниже стандарта – сорта Гибрид 5-90-21 (1,6%), Александрина (3,2%), Фестивальная (3,2%), Анастасия (4,0%). Таким образом, можно констатировать наличие относительной устойчивости к вертициллезу у сортов Фея, Гибрид 5-90-21, Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка, Фестивальная, Анастасия (развитие болезни в среднем за три года составило от 0 до 1,8% при 8,9% у стандартного сорта Юния Смайдс).

ВЫВОДЫ

1. Доказано наличие патогенных свойств у изолятов грибов, выделенных из растений земляники, *Fusarium semitectum* Berk. et Ravenel и *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth. В полевых условиях искусственная инокуляция изолятами повышала уровень развития вертициллеза до 24,0–57,0 %, фузариоза – до 26,0–31,0% что существенно превышало уровень контроля (2,0–2,2%). Ингибирование длины надземной системы у зараженных растений достигало 6,5–30,5% относительно контроля.

2. В лабораторном опыте доказано наличие патогенных свойств у изолята гриба *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., выделенного из растений земляники. Искусственная инокуляция вызывала уменьшение длины надземной системы на 33,2%, количества новых листьев – на 53,8, длины корней – на 43,9% и увеличивала некроз корневища в 3,2 раза относительно контроля.

3. Относительную устойчивость к фузариозу земляники по результатам трехлетнего наблюдения проявляли сорта Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка (развитие болезни в среднем за 3 года составило от 2,8 до 5,7% при 11,3% у стандартного сорта Юния Смайдс). Относительную устойчивость к вертициллезу земляники имели сорта Фея, Гибрид 5-90-21, Александрина, Фестивальная ромашка, Солнечная полянка, Фестивальная, Анастасия (развитие болезни в среднем за три года составило от 0 до 1,8% при 8,9% у стандарта).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Государственный* реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1: Сорта растений (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 631 с.
2. *Стольникова Н.П., Лутов В.И.* Промышленная культура земляники в Сибири: монография / НГАУ. НИИСС им. М.А. Лисавенко. – Новосибирск, 2009. – 207 с.
3. *Стольникова Н.П., Колесникова А.В.* Хозяйственно-биологическая оценка сортов земляники рода *Fragaria* L. на юге Западной Сибири. – Барнаул, 2022. – 204 с.
4. *Зубкова М.И., Ожерельева З.Е.* Некоторые аспекты зимостойкости земляники садовой // Современное садоводство. – 2019. – № 1. – С. 60–74.
5. *Стольникова Н.П.* Культура земляники в Западной Сибири. – Барнаул: ИП Колмогоров И.А., – 2014. – 182 с.
6. *Реакция* плодовых и ягодных растений на воздействие стрессоров 2010 г. / С.А. Брюхина, Е.М. Цуканова, А.А. Скрылев [и др.] // Вестник ТГУ. – 2011. – Т. 16, вып. 2. – С. 630–632.
7. *Козаева М.И.* Оценка устойчивости различных сортов и форм земляники к фузариозному увяданию: методика. – Вена: Premier Publishing s.r.o. Vienna, 2017. – 28 с.
8. *Говорова Г.Ф., Говоров Д.Н., Буланов А.Е.* Комплексная устойчивость сортов земляники к болезням и вредителям // Защита и карантин растений. – 2012. – № 9. – С. 23–24.
9. *Шаманская Л.Д.* Вредители и болезни садов Сибири / ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий. – Барнаул: Новый формат, 2018. – 218 с.
10. *Андреева Н.Ф.* Фузариозное увядание земляники // Микология и фитопатология. – 1971. – Т. 5, № 5. – С. 467–469.
11. *Пидопличко Н.М.* Грибы-паразиты культурных растений: определитель. – Киев: Наукова думка, 1977. – Т.1. – 296 с.; Т.2. – 300 с.; Т.3. – 232 с.

12. *Видовой* состав микофлоры насаждений земляники и малины / О.В. Скрипка, И.Н. Александров, И.П. Дудченко [и др.] // Защита и карантин растений. – 2010. – № 3. – С. 55–57.
13. *Билай В.И.* Фузарии. – Киев: Наукова думка, 1977. – 442 с.
14. *Программа* и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
15. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М., 2013. – 349 с.
16. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.

REFERENCES

1. *Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T.1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie)* (State register of selection achievements approved for use. T.1. "Varieties of Plants" (official edition), Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2023, 631 p. (In Russ.)
2. Stol'nikova N.P., Lutov V.I., *Promyshlennaya kul'tura zemlyaniki v Sibiri* (Industrial culture of strawberries in Siberia), NGAU, NIISS im. M.A. Lisavenko, Novosibirsk, 2009, 207 p.
3. Stol'nikova N.P., Kolesnikova A.V., *Khozyaistvenno-biologicheskaya otsenka sortov zemlyaniki roda Fragaria L. na yuge Zapadnoi Sibiri* (Economic and biological assessment of strawberry varieties of the genus Fragaria L. in the south of Western Siberia), Barnaul, 2022, 204 p.
4. Zubkova M.I., Ozherel'eva Z.E., *Sovremennoe sadovodstvo*, 2019, No. 1, pp. 60–74. (In Russ.)
5. Stol'nikova N.P., *Kul'tura zemljaniki v Zapadnoj Sibiri* (Strawberry culture in Western Siberia), Barnaul: IP Kolmogorov I.A, 2014, 182 p.
6. Brjuhina S.A., Cukanova E.M., Skrylev A.A., et al., *Vestnik TGU*, 2011, Vol. 16, No. 2, pp. 630–632. (In Russ.)
7. Kozaeva M.I., *Otsenka ustoichivosti razlichnykh sortov i form zemlyaniki k fuzarioznomu uvyadaniyu* (Assessment of the resistance of various varieties and forms of strawberries to Fusarium wilt), Vena: Premier Publishing s.r.o. Vienna, 2017, 28 p. (In Russ.)
8. Govorova G.F., Govorov D.N., Bulanov A.E., *Zashhita i karantin rastenij*, 2012, No. 9, pp. 23–24. (In Russ.)
9. Shamanskaya L.D., *Vrediteli i bolezni sadov Sibiri* (Pests and diseases of Siberian gardens), Barnaul: Novyi format, 2018, 218 p.
10. Andreeva N.F., *Mikologija i fitopatologija*, 1971, Vol. 5, No. 5, pp. 467–469. (In Russ.)
11. Pidoplichko N.M., Griby-parazity kul'turnykh rastenii (Parasitic fungi of cultivated plants), Kiev: Naukova dumka, 1977, T. 1, 296 p.; T.2, 300 p.; T.3, 232 p. (In Russ.)
12. Skripka O.V., Aleksandrov I.N., Dudchenko I.P., et al., *Zashhita i karantin rastenij*, 2010, No. 3, pp. 55–57. (In Russ.)
13. Bilai V.I., *Fuzarii* (Fusarium), Kiev: Naukova dumka, 1977, 442 p.
14. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* (Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops), Orel, Izd-vo VNIISPK, 1999, 606 p. (In Russ.)
15. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii* (Field experience methodology: with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2013, 349 p.
16. Sorokin O.D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.

УДК 635.32:631.583
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-14-23

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА ТРОПИКАНКА 1 НА КАРТОФЕЛЕ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
К.В. Жучаев, доктор биологических наук, профессор
О.Н. Сороколетов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е.В. Новиков, аспирант
П.Н. Мирошников, исследователь
Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: rastniev@mail.ru

Ключевые слова: картофель, сорт, рост и развитие, препарат Тропиканка 1, урожайность, качество клубней.

Реферат. *Представлены результаты комплексных опытов по изучению эффективности применения на раннем картофеле сорта Вега препарата Тропиканка 1. Исследования проводились в экстремально засушливых условиях на серых лесных почвах северной лесостепи Новосибирского Приобья. Перед посадкой клубни в течение 15 мин замачивали в растворе препарата Тропиканка 1 с разведением в зависимости от вариантов 1 : 50; 1 : 100; 1 : 200 и без использования препарата с замачиванием в воде (контроль). Цель исследований – разработка способов применения экологически безопасного органического удобрения Тропиканка 1 для стимуляции роста и развития картофеля, повышения его урожайности и качества продукции. Установлено, что на серой лесной тяжелосуглинистой почве лесостепи Новосибирского Приобья в условиях острого дефицита влаги в мае, июне и начале июля 2023 г. использование предпосадочного замачивания клубней раннего картофеля сорта Вега в течение 15 мин в растворе удобрения Тропиканка 1, полученного на основе птичьего помета, ускоряло темпы роста и развития картофеля на 7 суток в сравнении с контролем (с использованием воды). Наибольшая площадь листьев картофеля отмечена на фоне предпосадочной обработки клубней препаратом Тропиканка 1 при разведении 1 : 100 с превышением контроля в 1,8 раза. Выход ранней продукции картофеля (начало третьей декады июля) при разведении препарата 1 : 100 выше контроля в 1,7 раза. Общая урожайность на фоне замачивания клубней в удобрении Тропиканка 1 у сорта Вега при разведении препарата 1 : 100 достигала 33,8 т/га, что выше контроля на 38%. При этом выход товарной продукции вырос до 30 т/га с превышением контроля на 52%. Улучшались и качественные показатели товарной продукции. При разведении препарата 1 : 100 имело место увеличение содержания крахмала на 0,2%. Концентрация нитратов на фоне применения препарата в 6,5 раза ниже ПДК для картофеля.*

EFFECTIVENESS OF APPLYING THE PREPARATION TROPIKANKA 1 ON POTATOES IN THE FOREST STEPPE OF THE OBIE REGION

R.R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
K.V. Zhuchaev, Doctor of Biological Sciences, Professor
O.N. Sorokoletov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
A.F. Petrov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
E.V. Novikov, PhD student
P.N. Miroshnikov, Researcher
Novosibirsk State Agrarian University
E-mail: rastniev@mail.ru

Keywords: potato, variety, growth and development, Tropikanka 1 preparation, yield, tuber quality

Abstract. *The results of complex experiments to study the effectiveness of using the drug Tropikanka 1 on early potatoes of the Vega variety are presented. The studies were conducted in arid conditions on grey forest soils of the northern forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. Before planting, the tubers were soaked for 15 minutes*

in a solution of Tropikanka 1 with a dilution of 1:50 depending on the options: 1:100, 1:200 and without using the drug with soaking in water (control). The research aims to develop methods for using the environmentally friendly organic fertiliser Tropikanka 1 to stimulate the growth and development of potatoes, increasing their yield and product quality. It was established that on grey forest heavy loamy soil of the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region under conditions of acute moisture deficiency in May, June and early July 2023, the use of pre-planting soaking of early potato tubers of the Vega variety for 15 minutes in a solution of Tropikanka 1 fertiliser, obtained based on bird droppings, accelerated the growth and development of potatoes by seven days compared to the control (using water). The largest area of potato leaves was observed against the background of pre-planting treatment of tubers with Tropikanka 1 at a dilution of 1:100, exceeding the control by 1.8 times. The yield of early potato production (the beginning of the third decade of July) with a dilution of the drug 1: 100 is 1.7 times higher than the control. The total yield against the background of soaking tubers with Tropikanka 1 fertiliser for the Vega variety when diluting the drug 1: 100 reached up to 33.8 t/ha, which is 38% higher than the control. At the same time, the yield of marketable products increased to 30 t/ha, exceeding the control by 52%. The quality indicators of commercial products also improved. When the drug was diluted 1:100, there was an increase in starch content by 0.2%. The concentration of nitrates during the use of the medication is 6.5 times lower than the maximum permissible concentration for potatoes.

Картофель является широко востребованной продовольственной и технической, а также кормовой культурой, которая входит в обязательный рацион многих сельскохозяйственных животных [1–3]. Современные инновационные технологии переработки картофельного крахмала позволяют значительно расширить возможности его применения для получения продукции, необходимой для медицины, при производстве упаковочных материалов, быстроразлагающейся тары, контейнеров, одноразовой посуды, утилизация которых все еще остается важной проблемой [4–7]. С целью расширения производства картофеля в необходимых объемах для сельхозтоваропроизводителей и населения необходимы новые высокопродуктивные отечественные сорта интенсивного типа [8–11]. Их возделывание будет способствовать росту рентабельности производства и создаст условия для дальнейшего повышения эффективности картофелеводческой отрасли на уровне регионов и в целом в Российской Федерации [12–14].

Природно-климатические условия Западной Сибири благоприятны для сельскохозяйственного производства и позволяют получать урожайность картофеля на уровне 40–50 т/га [15]. Вместе с тем в настоящее время в Сибирском федеральном округе имеет место сокращение площадей под картофелем в общественном секторе. В личных подворьях выращивают около 90% картофеля и лишь 10% приходится на специализированые фермерские хозяйства. Урожайность картофеля в регионе в хозяйствах разных форм собственности остается на низком уровне – 20–23 т/га, а у населения лишь 15 т/га [16–18].

В условиях экстремального климата Западной Сибири особо значимо изыскание путей повышения эффективности возделывания картофеля на основе стимуляции роста и развития растений. При этом актуальным является использование продуктов на основе отходов животноводства, что повышает значимость этой проблемы в экологическом плане.

Цель исследований – разработка способов применения экологически безопасного органического удобрения Тропиканка 1 для стимуляции роста и развития картофеля, повышения его урожайности и качества продукции.

С целью решения данной проблемы были поставлены задачи по изучению влияния разных концентраций препарата Тропиканка 1 для предпосадочной обработки клубней раннего картофеля сорта Вега. Наряду с этим определены темпы роста и развития, формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал сорта Вега. Особое внимание уделено динамике клубнеобразования и параметрам урожайности в зависимости от норм применения препарата путем обработки клубней.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2023 г. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, входящей в северную лесостепь Новосибирского Приобья.

Объектом исследований является сорт картофеля Вега селекции Германии – раннеспелый, хорошо зарекомендовавший себя в условиях Западной Сибири. Закладка опыта была осуществлена в севообороте «пар чистый — картофель — морковь — соя» на серой лесной тяжелосуглинистой почве УПХ «Сад Мичуринцев» при ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов ВНИИ картофельного хозяйства [19]. Почва опытных участков содержала гумуса 3,76%, нитратного азота – 10,6 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 12,6 и обменного калия – 14,3 мг/100 г почвы, pH 5,72.

По метеорологическим условиям 2023 г. соответствовал среднемноголетним данным по теплу в основные периоды роста и развития картофеля и характеризовался острым недостатком влаги в мае–июне. За вегетацию выпало лишь 242 мм осадков, что составляет 71% от среднемноголетней нормы.

Анализ почвенных образцов осуществлен в ФГУ «Центр агрохимической службы» по Новосибирской области по ГОСТ Р 53381 — 2009 и ГОСТ Р 5380 — 2009.

Оценку качества картофеля в лабораторных условиях производили на основе ГОСТ 7176 — 2017 Картофель продовольственный. Технические условия и ГОСТ 3396 — 2016 Картофель семенной. Технические условия.

Фенологические фазы картофеля определяли по методике Госсортсети [20]; площадь листьев по формулам регрессии; динамику роста площади листьев – по методике Н.Ф. Коняева [21]; фотосинтетический потенциал – на основе метода определения фотосинтетической поверхности по А.А. Ничипоровичу по показателям средней площади листьев. Химический состав определяли в аккредитованной лаборатории Центра агрохимической службы «Новосибирский»: сухое вещество – термостатно-весовым способом, крахмал – на весах Парова, витамин С – по методике Мурри, нитраты – ион-селективным методом. Обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсии, корреляции и регрессии по Б.А. Доспехову с применением пакета прикладных программ SNEDECOR [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опыте 2023 г. в условиях почвенно-климатической зоны дренированной северной лесостепи предгорий Приобья изучены особенности роста и развития растений раннего сорта картофеля Вега. На серой лесной тяжелосуглинистой почве УПХ «Сад Мичуринцев» оценивали эффективность использования биологического препарата – удобрения Тропиканка 1, полученного на основе отходов птицеводства.

В ходе исследований клубни картофеля раннего сорта Вега массой 60–80 г обрабатывали суспензией препарата Тропиканка 1 в течение 15 мин путем замачивания в концентрациях с разведением 1 : 50; 1 : 100; 1 : 200, а также в качестве контроля выдерживали в воде в течение 15 мин.

Посадку проводили 22 мая с общей площадью делянки 8,6 м², учетной – 7,2 м² (3 х 2,4), повторность — четырехкратная, расположение — рендомизированное.

В 2023 г. в условиях экстремально засушливого климата в течение длительного периода (май, июнь, июль), при температуре в мае и июне в отдельные дни в дневное время на уровне 32–34°С установлено преимущество вариантов с обработкой клубней препаратом Тропиканка 1. В вариантах с использованием препарата на сорте Вега имело место ускорение темпов роста и развития на 6–8 суток в сравнении с замачиванием клубней перед посадкой в воде (контроль). Так, фаза бутонизации картофеля наступила на 8-10 суток раньше контроля, фаза цветения – на 6–8 суток, естественное отмирание ботвы – на 3–5 суток (табл. 1).

Растения на фоне применения препарата Тропиканка 1 имели большую листовую поверхность и быстро развивались в условиях экстремальной почвенной и атмосферной засухи (рис. 1, 2).

Определение площади листьев картофеля изучаемых вариантов показало, что на фоне применения препарата Тропиканка 1 увеличивались показатели максимальной и средней площади листьев (табл. 2).

Таблица 1

Даты наступления фенологических фаз картофеля сорта Вега (2023 г.)
Dates of onset of phenological phases of potato variety Vega (2023)

Вариант	Посадки	Всходы		Бутонизация		Цветение		Естественное отмирание ботвы		Уборка
		начало	массовые	начало	массовая	начало	массовое	начало	массовое	
Контроль (вода)	22.05	15.06	19.06	11.07	16.07	16.07	22.07	10.09	13.09	15.09
Тропиканка 1 : 50	22.05	9.06	13.06	03.07	08.07	14.07	16.07	08.09	11.09	15.09
Тропиканка 1 : 100	22.05	10.06	12.06	02.07	06.07	12.07	13.07	06.09	10.09	15.09
Тропиканка 1 : 200	22.05	11.06	12.06	01.07	06.07	11.07	14.07	08.09	12.09	15.09



Рис. 1. Растения картофеля сорта Вега (слева — контроль, справа — обработка клубней препаратом Тропиканка 1, 21 июля 2023 г.)

Potato plants of the Vega variety (on the left - control, on the right - treatment of tubers with Tropikanka 1, July 21, 2023)



Рис. 2. Растения картофеля в варианте разведения препарата 1 : 100 (21 июля 2023 г.)

Potato plants at a dilution of the drug 1: 100 (July 21, 2023)

Таблица 2

Площадь листьев и ФПС картофеля сорта Вега при применении препарата Тропиканка 1 (2023 г.)
Leaf area and FPS (photosynthetic potential) of potato variety Vega when using the drug Tropicanka 1 (2023)

Вариант	Площадь листьев, тыс.м²/га		ФСП, тыс.м²/га	Масса ботвы, кг/растение
	максимальная	средняя		
Контроль (вода)	26,8	12,6	756	0,480
Тропиканка 1 : 50	34,2	21,2	1272	0,620
Тропиканка 1 : 100	35,8	23,6	1416	0,750
Тропиканка 1 : 200	35,2	22,8	1368	0,750
$НСР_{05}$	1,26	0,78	48,9	27,6

Наибольшей площадь листьев была в варианте с предпосевной обработкой препаратом Тропиканка 1 в разведении 1 : 100. Средняя площадь листьев составила в этом варианте 23,6 тыс.м²/га, что в 1,8 раз выше контроля. Наибольшие параметры фотосинтетического потенциала также установлены в варианте с Тропиканкой в разведении 1 : 100 – до 1416 тыс.м²/га. Другие опытные варианты тоже превышали контроль в 1,7–1,9 раза.

Результаты динамических копок картофеля, проведенных в разные сроки, свидетельствуют о значительном превышении урожайности в вариантах с обработкой клубней перед посадкой препаратом Тропиканка 1 (табл. 3).

По данным первой динамической копки (22 июля 2023 г.), в варианте с использованием Тропиканки 1 в разведении 1 : 100 масса клубней с одного растения в 3 раза превышала контроль, а количество клубней – в 2,3 раза (рис. 3, 4).

Таблица 3

Клубнеобразование картофеля сорта Вега при разных нормах препарата Тропиканка 1 (на одно растение)
Tuberization of potatoes of the Vega variety at different rates of Tropikanka 1 (per plant)

Вариант	22 июля		8 августа		23 августа	
	Масса клубней, г	Количество клубней, шт.	Масса клубней, г	Количество клубней, шт.	Масса клубней, г	Количество клубней, шт.
Контроль (вода)	0,169	8	756	0,296	0,593	10
Тропиканка 1 : 50	0,370	12	1272	0,476	0,724	15
Тропиканка 1 : 100	0,496	18	1416	0,695	0,840	24
Тропиканка 1 : 200	0,449	15	1368	0,650	0,796	21
$НСР_{05}$	0,053	2,49	48,9	0,041	0,072	2,25

На фоне разведения препарата 1 : 200 масса клубней превышала контроль в 2,7 раза, а в варианте с разведением 1 : 50 – лишь в 2,0 раза. При следующей динамической копке через 15 суток также наблюдалось превосходство вариантов с применением препарата Тропиканка 1. В варианте с разведением 1 : 100 масса клубней с одного растения была больше контроля в 2,3 раза, с разведением 1 : 200 – в 2,1 и на фоне 1 : 50 – лишь в 1,6 раза. При позднем сроке динамической копки более интенсивным клубнеобразованием также отличались варианты с разведением 1 : 100 и 1 : 200 – превышение по отношению к контролю соответственно в 1,4 и 1,3 раза.



Рис. 3. Растения картофеля и урожай клубней с одного куста в варианте с препаратом Тропиканка 1 в концентрации 1 : 100 (22 июля 2023 г.)

Potato plants and tuber yield from one bush in the variant with the drug Tropikanka 1 at a concentration of 1: 100 (July 22, 2023)



Рис. 4. Клубни на фоне применения препарата Тропиканка 1 и в контроле (22 июля 2023 г.)

Tubers against the background of the use of the drug Tropikanka 1 and in the control (July 22, 2023)

Урожайность картофеля определялась при массовой уборке 15 сентября 2023 г. Во всех вариантах в этот период наступало естественное отмирание ботвы. Максимальные параметры урожайности, как общей, так и в особенности товарной, наблюдались в вариантах с обработкой клубней препаратом Тропиканка 1, о чем свидетельствуют данные табл. 4.

Таблица 4

Урожайность и товарность картофеля сорта Вега в зависимости от нормы применения препарата Тропиканка 1 (2023 г.)
Productivity and marketability of potatoes of the Vega variety depending on the rate of application of the drug Tropikanka 1 (2023)

Вариант	Урожайность клубней, т/га						Товарность, %
	общая	прибавка к контролю		товарная урожайность	прибавка к контролю		
		т/га	%		т/га	%	
Контроль (вода)	24,5	—	—	19,8	—	—	81
Тропиканка 1 : 50	28,9	4,4	18	24,0	4,2	21	83
Тропиканка 1 : 100	33,8	9,3	38	30,1	10,3	52	89
Тропиканка 1 : 200	31,4	6,9	27	27,3	8,1	41	87
$НСР_{05}$	2,36	—	—		—	—	1,69

При разведении препарата 1 : 100 общая урожайность картофеля сорта Вега составила 33,8 т/га (прибавка к контролю – 38%), а товарная урожайность – 30,1 ц/га с прибавкой 52%. При разведении 1 : 200 прибавка к контролю для общей урожайности равна 27%, товарной – 41%. Выявлено, что использование препарата Тропиканка 1 обеспечило при разведении 1:100 и 1:200 достоверную прибавку товарности клубней на 6–8% в абсолютных величинах.

Биохимический анализ клубней картофеля сорта Вега показал, что препарат Тропиканка 1 способствовал формированию клубней высокого качества (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав клубней картофеля сорта Вега
Chemical composition of potato tubers of the Vega variety

Вариант	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Нитраты, мг/кг
Контроль (вода)	24,5	17,1	26
Тропиканка 1:50	24,5	17,0	38
Тропиканка 1:100	24,7	17,3	30
Тропиканка 1:200	24,6	17,1	32
$НСР_{05}$	0,12	0,14	3,56

Концентрация сухого вещества была более высокой в варианте с разведением удобрения Тропиканка 1 1 : 100 – 24,7% против 24,5% в контроле с предпосадочной обработкой водой. Максимальной крахмалистостью обладали клубни этого же варианта – 17,3%, что на 0,2% превысило контроль. Во всех вариантах содержание нитратов было на одном уровне и в 6–7 раз ниже ПДК для картофеля (250 мг/кг).

ВЫВОДЫ

1. На серой лесной тяжелосуглинистой почве лесостепи Новосибирского Приобья в условиях острого недостатка влаги в мае, июне и начале июля 2023 г. установлено, что применение предпосадочного замачивания клубней раннего сорта картофеля Вега в течение 15 мин в растворе удобрения, полученного на основе птичьего помета Тропиканка 1 ускоряло темпы роста и развития картофеля на 7 суток в сравнении с контролем (вода).

2. Максимальные параметры площади листьев наблюдались в варианте с предпосадочной обработкой клубней препаратом Тропиканка 1 в разведении 1 : 100 – выше контроля в 1,8 раза. Фотосинтетический потенциал в опытных вариантах превышал контроль в 1,7–1,9 раза.

3. Использование удобрения Тропиканка 1 обеспечило повышение выхода ранней продукции картофеля (22 июля) до 0,5 кг с одного растения при разведении препарата 1 : 100, на фоне 1 : 200 – 0,45, 1 : 50 – около 0,4 кг, что выше контроля соответственно в 2,9; 2,6 и 2,1 раза.

4. Увеличение числа клубней в вариантах с их обработкой препаратом Тропиканка 1 в разведении 1 : 100 – в 2,2 раза, 1 : 200 – в 1,9 раза в сравнении с контролем.

5. Замачивание клубней перед посадкой картофеля сорта Вега в течение 15 мин повышало общую урожайность при разведении препарата 1 : 100 до 33,8 т/га, что выше контроля на 38%. Выход товарной продукции увеличился до 30,1 т/га с превышением контроля на 52%. Товарность клубней возросла до 89% против 81% в контроле.

6. Обработка клубней перед посадкой обеспечила получение продукции высокого качества: содержание крахмала выше контроля на 0,2% при разведении препарата 1:100. Концентрация нитратов в клубнях во всех вариантах опыта ниже ПДК до 7 раз.

Работа проводилась в рамках Государственного задания 1022041100031-5-4.4.1 «Разработка технических регламентов биотехнологии производства и применения экологически безопасного удобрения, стимулятора роста и антидепрессанта для растений на основе отходов животноводства. (82)»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалев Е.А.* Совершенствование технологии дифференцированного внесения удобрения в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 4–10.
2. *Особенности* использования инновационных регуляторов роста при возделывании картофеля и сои в лесостепи Приобья / М.А. Альберт, А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, М.С. Шульга, Е.А. Ковалев // Инновации и продовольственная безопасность. – 2022. – № 2 (36). – С. 45–51.
3. *Михайлов П.М., Галеев Р.Р.* Удобрение картофеля при интенсификации земледелия Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2014. – 106 с.
4. *Галеев Р.Р.* Особенности производства картофеля в лесостепи Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2017. – 126 с.
5. *Прошкин М.А.* Перспективы производства картофеля в системе экологического земледелия. – Киров: Альянс, 2016. – 93 с.
6. *Пешков Н.А.* Использование отходов животноводства в земледелии. – Пенза: Росток, 2014. – 132 с.
7. *Седых В.А., Карауш П.Ю.* Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 14–16.
8. *Определение* деструктивного потенциала штаммов микроорганизмов по отношению к куриному помету / М.Л. Сидоренко, Л.С. Бузолева, Н.А. Слепцова, А.Н. Бойко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 28–37.
9. *Современные* технологии биопереработки возобновляемых сырьевых ресурсов / Н.В. Фомичева, Г.Ю. Рабинович, В.П. Молчанов, Э.М. Сульман // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2018. – № 2. – С. 263–273. – EDN: PAEOQZ.
10. *Титова В.И., Седов Л.К., Дабахова Е.В.* Индустриальное птицеводство и экология: опыт сосуществования. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2004. – 251 с.
11. *Хазан М.А., Месхи Б.Ч., Павлов А.В.* Экологическая необходимость и экономическая целесообразность переработки куриного помета // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2018. – № S9. – С. 78–94.
12. *Храмцов И.Ф., Воронкова Н.А., Козлова Г.Я.* Эффективность применения удобрений под сою на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. – 2001. – № 2. – С. 36–39.
13. *Aires A.M.* Biodigestão Anaeróbica da Cama de Frangos de Corte com ou sem Separação das Frações Sólida e Líquida. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. – UNESP, Jaboticabal, Brazil, 2009. – 176 p.
14. *Uses* and management of poultry litter. World's Poult / N.S. Bolan, A.A. Stogy, T. Chuasavathi1 [et al.] // Sci. J. – 2010. – Vol. 66. – P. 673–698.

15. *Diacono M., Montemurro F.* Long-term effects of organic amendments on soil fertility // A review. Agron. Sustain. Dev. – 2010. – N 30. – P. 401–422.
16. *Microbial* diversity associated with odor modification for production of fertilizers from chicken litter / J.J. Enticknap, H. Nonogaki, A.R. Place, R.T. Hill // Appl. Environ. Microbiol. – 2006. – № 72. – P. 4105–4114.
17. *Griffiths N.* Best practice guidelines for using poultry litter on pastures. In Agnote DPI-212; State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries. – Sydney, Australia. – 2007. – P. 1–33.
18. *How* Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? / M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2019. – № 16 (19). – P. 352–367.
19. *Методика* исследований по культуре картофеля / ВНИКХ. – М., 2017. – 39 с.
20. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Сельхозгиз, 1985. – 327 с.
21. *Коняев Н.Ф.* Математический метод определения площади листьев. – Иркутск; Полюс, 1978. – 41 с.
22. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск; Агрос, 2004. – 162 с.

REFERENCES

1. Albert M.A., Galeev R.R., Kovalev E.A., *Vestnik NGAU* (Novosibirsk State Agrarian University), 2022, No. 2 (63), pp. 4–10. (In Russ.)
2. Albert M.A., Petrov A.F., Galeev R.R., Shulga M.S., Kovalev E.A., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost*', 2022, No. 2 (36), pp. 45–51. (In Russ.)
3. Mihajlov P.M., Galeev R.R., *Udobrenie kartofelja pri intensifikacii zemledelija Sibiri* (Fertilizer of potatoes during intensification of agriculture in Siberia), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2014, 106 p.
4. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva kartofelja v lesostepi Zapadnoj Sibiri* (Peculiarities of potato production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2017, 126 p.
5. Proshnin M.A., *Perspektivy proizvodstva kartofelja v sisteme jekologicheskogo zemledelija* (Prospects for potato production in the ecological farming system), Kirov: Alliance, 2016, 93 p.
6. Peshkov N.A., *Ispol'zovanie othodov zhivotnovodstva v zemledelii* (Use of animal waste in agriculture), Penza: Rostock, 2014, 132 p.
7. Sedykh V.A., Karaush P.Yu., *Plodorodie*, 2010, No. 6, pp. 14–16. (In Russ.)
8. Sidorenko M.L., Buzoleva L.S., Sleptsova N.A., Boyko A.N., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 4 (162), pp. 28–37. (In Russ.)
9. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu., Molchanov V.P., Sulman E.M., *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta*. Serija: Biologija i jekologija, 2018, No. 2, pp. 263–273, EDN: PAEOQZ. (In Russ.)
10. Titova V.I., Sedov L.K., Dabahova E.V., *Industrial'noe pticevodstvo i jekologija: opyt sosushhestvovanija* (Industrial poultry farming and ecology: experience of coexistence), Nizhnij Novgorod: VVAGS Publishing House, 2004, 251 p.
11. Khazan M.A., Meskhi B.Ch., Pavlov A.V., *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki,* 2018, No. S9, pp. 78–94. (In Russ.)
12. Hramcov I.F., Voronkova N.A., Kozlova G.Ja., *Agrohimija*, 2001, No. 2, pp. 36–39. (In Russ.)
13. Aires A.M., Biodigestão Anaeróbica da Cama de Frangos de Corte com ou sem Separação das Frações Sólida e Líquida. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *UNESP, Jaboticabal,* Brazil, 2009, 176 p.
14. Bolan N.S., Stogy A.A., Chuasavathi1 T., Seshadri1 B., Rothrock M.J., Panneerselvam P., Uses and management of poultry litter. World's Poult, *Sci. J*., 2010, Vol. 66, pp. 673–698.
15. Diacono M, Montemurro F., Long-term effects of organic amendments on soil fertility, *A review. Agron. Sustain. Dev*., 2010, Vol. 30, pp. 401–422.
16. Enticknap J.J., Nonogaki H., Place A.R., Hill R.T., Microbial diversity associated with odor modification for production of fertilizers from chicken litter, *Appl. Environ. Microbiol.*, 2006, Vol. 72, pp. 4105–4114.
17. Griffiths N., *Best practice guidelines for using poultry litter on pastures*. In Agnote DPI-212; State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries, Sydney, Australia, 2007, pp. 1–33.

18. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A. [et al.], How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. No. 16 (19), pp. 3521, DOI: 10.3390/ijerph16193521.
19. *Metodika issledovanij po kul'ture kartofelja* (Methods of research on potato culture), VNIKH, Moscow, 2017, 39 p.
20. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur* (Methodology for state variety testing of agricultural crops), Moscow: Selkhozgis, 1985, 327 p.
21. Konyaev N.F., *Matematicheskij metod opredelenija ploshhadi list'ev* (Mathematical method for determining leaf area), Irkutsk: Polys, 1978, 41 p.
22. Sorokin O.D., *Prikladnaja statistika na komp'jutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk, 2004, 162 p.

УДК 630*627.3(470.45)
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-24-31

РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСОПАРКОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

Е.В. Калмыкова, доктор сельскохозяйственных наук
А.И. Передриенко, аспирант
Федеральный научный центр агроэкологии РАН, Волгоград, Россия
E-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru

Ключевые слова: городские зеленые зоны, рекреационный потенциал, оценка, зеленые насаждения.

Реферат. *Вопрос озеленения особо актуален в регионах с жарким засушливым климатом, каким и является Волгоградская область. В условиях г. Волгограда зеленые насаждения недостаточно выполняют свои функции. Улучшение ландшафта, повышение разнообразия ассортимента древесных и кустарниковых растений, а также типов озеленительных посадок, сочетание различных форм в них является важной задачей в развитии ландшафтного озеленения малолесных регионов. Древесная растительность города находится в ослабленном состоянии, что связано с возрастом растений, климатическими и экологическими условиями. Использование зеленых насаждений на рекреационных территориях должно исключать их повреждение и удовлетворять потребности граждан. Для сохранения и дальнейшего развития рекреационных зон и лесных насаждений на урбанизированных территориях необходима оценка рекреационного потенциала зеленых насаждений на исследуемой территории. Для этого используется усовершенствованная методика оценки рекреационного потенциала. Объектами исследований являются рекреационные территории г. Волгограда: Комсомольский сад, сквер Доблести и Славы, Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН. Общее количество рекреационной территории по г. Волгограду 31%. Комсомольский сад и сквер Доблести и Славы относятся к первому классу по рекреационной оценке ландшафта. По оценке рекреационного потенциала насаждений Комсомольский сад и сквер Доблести и Славы также относятся к первому классу рекреационной ценности. Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН относится к третьему классу по рекреационной оценке ландшафта и ко второму классу рекреационного потенциала насаждений.*

RECREATIONAL POTENTIAL OF FOREST PARK TERRITORIES OF THE CITY OF VOLGOGRAD

E.V. Kalmykova, Doctor of Agricultural Sciences
A.I. Peredrienko, PhD student
Federal Scientific Center of Agroecology RAS, Volgograd, Russia
E-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru

Keywords: urban green areas, recreational potential, assessment, green spaces.

Abstract. *The issue of landscaping is especially relevant in regions with a hot, arid climate, such as the Volgograd region. In Volgograd, green spaces do not fulfil their functions sufficiently. Improving the landscape, increasing the diversity of the range of trees and shrubs, as well as the types of landscaping plantings and the combination of various forms in them, the solution of these issues is an essential task in the development of landscape gardening in sparse forested regions. The woody vegetation of the city is in a weakened state due to the age of the plants and the climatic and environmental conditions of Volgograd. The use of green spaces in recreational areas should meet the needs of citizens and exclude their damage. To preserve and further develop recreational areas and forest plantations in urban areas, assessing the recreational potential of green spaces in the study area is necessary. An improved methodology for evaluating the recreational potential is used for the assessment. The research objects are the recreational areas of Volgograd: Komsomolsky Garden, the Square of Valor and Glory, and the Arboretum of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The total recreational territory in the City of Volgograd is 31%. According to the recreational assessment, the Komsomolsky Garden and the Square of Valor and Glory belong to the first class of the landscape. According to the assessment of the recreational potential of plantings, the Komsomolsky Garden and the Square of Valor and Glory also belong to the first class of recreational value. The greenhouse of the Federal Scientific Center of Agroecology of the*

Russian Academy of Sciences belongs to the third class, according to the recreational assessment, of the landscape and to the second class of the recreational potential of plantings. The research was carried out on the topic of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: "Formation of polyfunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and green landscape spaces of a recreational type in sparsely forested regions of Russia" (Registration number: 121041200195-4) funding Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

В настоящее время быстрыми темпами развивается строительство городов, и с каждым годом актуальнее становятся вопросы их благоустройства [1–3]. Важной задачей для сохранения и устойчивого развития рекреационных зон и произрастающих на этих территориях растений является оценка их рекреационного потенциала [4, 5]. Город Волгоград расположен в сухостепной и полупустынной природных зонах [6], где жаркая и сухая погода летом, зима с малым количеством снега и сильными морозами и весь год наблюдаются сильные ветра [7]. Максимальная температура за 2022 г. отмечена в августе (+38 ^{0}C), минимальная – в январе (-19 ^{0}C). За летний период температура воздуха поднималась до +38 ^{0}C и опускалась до +8 ^{0}C. Начало понижения температуры фиксируется уже в середине октября. За зимний период шкала термометра опускалась до -19 ^{0}C и поднималась +8 ^{0}C. Весна короткая, около 2 месяцев, резкие заморозки и такое же резкое потепление наблюдается в марте и в мае. Лето по своей длительности более 3 месяцев. Относительная влажность воздуха в течение года находится в диапазоне от 25 до 95%. В августе отмечается спад до 25%, а самый высокий показатель фиксируется в конце января – 95%. Годовая сумма осадков – 305 мм. Наибольшее суммарное количество осадков выпадает в январе, максимум (35 мм) – в середине мая, меньше всего осадков наблюдается в июне. Среднегодовая скорость ветра в диапазоне от 10 до 32 км/ч (2,7–8,8 м/с). Сильный ветер бывает зимой и в начале весны, в теплое время года ветра слабые. В январе была зафиксирована максимальная скорость ветра за год – 79 км/ч (21,9 м/с). Безветренными были конец мая и июль [8].

Цель работы – провести оценку рекреационных территорий в г. Волгограде с позиции научно обоснованного подхода к озеленению городских ландшафтов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводятся с 2021 г. по настоящее время. Объекты исследования: Комсомольский сад, 2,7 га, Центральный район; сквер Доблести и Славы, 1,7 га, Кировский район; Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН, 27,4 га, Советский район (рис. 1).

Рекреационную оценку ландшафта проводили по классам:

– класс 1, хорошая оценка: организация отдыха возможна без проведения мероприятий по благоустройству, передвижение удобно во всех направлениях, просматриваемость хорошая;

– класс 2, удовлетворительная оценка: организация отдыха требует проведения мероприятий по благоустройству, передвижение ограничено в определенных направлениях, просматриваемость средняя;

– класс 3, неудовлетворительная оценка: организация отдыха требует дополнительных инвестиций, передвижение затруднено во всех направлениях, просматриваемость плохая [10–12].

Была использована методика оценки рекреационного потенциала насаждений, разработанная С.Л. Рысиным [13]. Выделяется три группы показателей – привлекательность, комфортность и устойчивость к рекреационному воздействию, в каждой из которых определены критерии, по которым ведется оценка (табл. 1).

Оценка каждого из перечисленных 19 показателей проводится по трехбалльной шкале (от 0 до 2 баллов). При обработке результатов рассчитываются коэффициенты, позволяющие оценить привлекательность (КП), комфортность (КК) и устойчивость к рекреационным нагрузкам (КУ) каждого участка, по формуле

$$K = SB/SB\ max,$$

где К – вычисляемый коэффициент (КП, КК, КУ); SB – сумма баллов; SBmax – максимально возможная сумма баллов по каждой группе показателей.



Рис. 1. Карта-схема расположения объектов исследования [9]
Map-scheme of the location of the objects of study [9]

Таблица 1

Система показателей оценки рекреационного потенциала насаждений
The system of indicators for assessing the recreational potential of plantations

Привлекательность	Комфортность	Устойчивость к рекреационному воздействию
Возраст древостоя, лет	Рельеф участка	Рекреационная нарушенность (стадия дигрессии)
Породный состав	Влажность местообитания	Санитарное состояние (поврежденность вредителями и / или пораженность болезнями)
Смешение пород	Наличие дорожно-тропиночной сети	Наличие жизнеспособного подроста
Средняя высота древостоя	Доступность (расстояние до остановок общественного транспорта и / или жилых массивов)	Наличие подлеска
Вертикальная структура (ярусность)	Расстояние до ближайшего рекреационного водоема	Устойчивость нижних ярусов растительности
Горизонтальная структура (мозаичность)	Наличие шума	Гранулометрический состав почвы
Замусоренность и / или захламленность участка		

На следующем этапе в зависимости от полученного значения коэффициента делается заключение о качестве обследованного насаждения по каждой группе показателей.

Для итоговой оценки насаждения подразделяются на три класса рекреационной ценности (КРЦ):

– если значения каждого из коэффициентов превышают 0,67, оцениваемое насаждение относится к I КРЦ и является перспективным для рекреационного использования;

– если значение хотя бы одного из коэффициентов находится в пределах от 0,34 до 0,66, а величина остальных превышает 0,33, насаждение относится ко II КРЦ, допускающему ограниченное рекреационное использование леса;

– если значение хотя бы одного из коэффициентов не превышает 0,33, насаждение относится

к III КРЦ и его рекреационное использование нежелательно до проведения комплекса мероприятий по повышению устойчивости [14,15].

Все данные были обработаны статистически дисперсионным методом, где было выявлено, что коэффициенты рекреационного потенциала насаждений имеют существенное различия между собой ($f_{набл}$ – 9,52; $f_{кр}$ – 5,14).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как видно из рис. 2, город имеет в основном линейную форму. При линейно-групповой системе город не уходит далеко от реки в поперечном к ней направлении, а продолжает вытягиваться вдоль нее на значительные расстояния. Зеленые территории занимают в основном места, не пригодные для массовых застроек, и располагаются в балках, на прибрежных территориях и окраине города.

Рекреационная зона в г. Волгограде занимает 31 %.

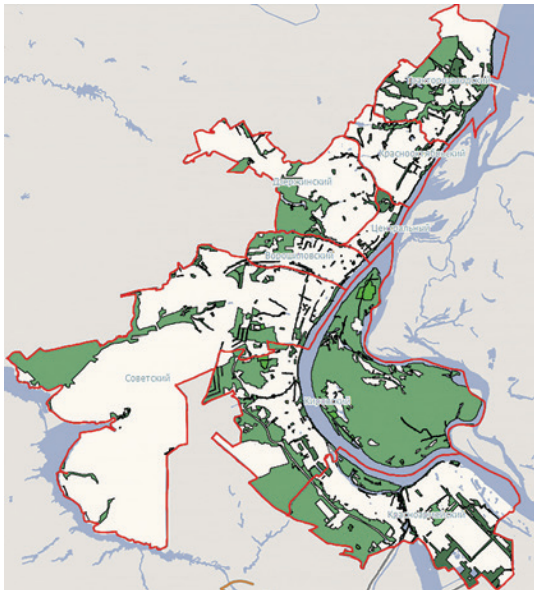


Рис. 2. Расположение рекреационных зон города Волгограда [9]
Location of recreational areas of the city of Volgograd [9]



Рис. 3. Общая зона рекреации
General recreation area

От общего количества рекреационных территорий 13% приходится на Кировский район, это является следствием того, что район включает в себя территорию о. Сарпинский (рис. 3), а наименьшее количество рекреационных пространств в Краснооктябрьском и Дзержинском районах – менее 1%. Это связано с историческим развитием города, на территории данных районов располагаются кварталы жилых застроек и промышленные комплексы.



Рис. 4. Процентное соотношение рекреационных зон по районам

Percentage of zones by districts

Анализ распределения рекреационных зон по районам города показал, что наибольшие территории зоны лесов и лесопарков приходятся на Кировский район – 47%, а в Центральном районе таковая зона отсутствует совершенно (рис. 4). В свою очередь, зона парков, скверов и бульваров в Центральном районе представлена наивысшим показателем – 26%. Зона санитарно-курортного лечения отсутствует в Ворошиловском, Центральном и Дзержинском районах, в Кировском районе она составляет 2% от общей площади района. Зона отдыха, спорта и развлечений в наивысших показателях (0,2%) представлена в Центральном и Ворошиловском районах.

Результаты рекреационной оценки объектов исследования приведены в табл. 2.

Комсомольский сад, находящийся в центре города, имеет ухоженный вид, отведены специальные игровые зоны и места для отдыха. Обустроена качественная система полива и не наблюдается замусоренности.

Таблица 2

Оценки рекреационного потенциала насаждений исследуемых объектов
Estimates of the recreational potential of plantings of the studied objects

Объекты	Класс	Привлекательность	Комфортность	Устойчивость к рекреационному воздействию
Комсомольский сад	I	13,00±0,20	10,00±0,26	10,00±0,26
Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН	III	8,00±0,33	4,00±0,67	6,00±0,44
Сквер Доблести и Славы	I	10,00±0,26	10,00±0,26	7,00±0,38

Сквер Доблести и Славы расположен в Кировском районе и весьма удален от центра, он занимает малую территорию и он довольно новый, если сравнивать его с другими объектами исследования. На территории сквера не наблюдается скопления мусора, отведены места для отдыха, разработана мелиоративная система.

Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН не благоустроен, огромное количество мусора расположено практически по всей территории, нет поливной системы, отсутствует дорожно-тропиночная сеть.

Была проведена также оценка насаждений согласно усовершенствованной методике оценки рекреационного потенциала (табл. 3).

Таблица 3

Расчет коэффициентов рекреационного потенциала насаждений на исследуемых объектах
Calculation of the coefficients of the recreational potential of plantings on the objects under study

Объект	КП	КК	КУ
Комсомольский сад	0,90±0,22	0,83±0,23	0,83±0,23
Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН	0,57±0,34	0,33±0,60	0,50±0,39
Сквер Доблести и Славы	0,83±0,23	0,83±0,23	0,58±0,34

Примечание. КП – коэффициент привлекательности; КК – коэффициент комфортности, КУ – коэффициент устойчивости к рекреационному воздействию.

В Комсомольском саду значения коэффициентов привлекательности, комфортности и устойчивости превышают 0,67, а значит, он относится к I КРЦ и является перспективным для рекреационного использования.

Дендрарий относится ко II КРЦ, коэффициенты привлекательности комфортности превысили 0,33, т.е. эта зона пригодна для рекреационного использования.

Сквер Доблести и Славы относится к I КРЦ, и несмотря на средний показатель коэффициента устойчивости, он расположен вблизи церкви Парескевы Пятницы, так что это место довольно популярно у прихожан церкви, места отдыха находятся в тени деревьев, а по центру сквера расположились клумбы с цветочными насаждениями.

Основные древесные насаждения, которые произрастают в дендрарии ФНЦ агроэкологии РАН, имеют потенциальную устойчивость к засухе, все виды хорошо возобновляются и неприхотливы к почвенным условиям: робиния псевдоакация, вяз мелколистный, различные виды жимолости и спиреи.

Ива вавилонская имеет хорошую крону, которая образует тень, тем самым перспективна и в сквере Доблести и Славы, а также в Комсомольском парке. В сквере Доблести и Славы доминируют хвойные породы, придавая ему декоративность в зимний период. В Комсомольском саду сделан акцент на породы, соцветия которых во время цветения имеют большой размер и яркую окраску, а также душистый и приятный запах.

Основные древесные насаждения в исследуемых лесопарковых насаждениях:

– сквер Доблести и Славы: рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), ива вавилонская (*Salix babylonica*), ель колючая (*Picea pungens*), туя западная (*Thuja occidentalis*), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*);

– дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН: робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), жимолость обыкновенная (*Lonicera xylosteum*), вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia*), гледичия трёхколючковая (*Gleditsia triacanthos*), клён американский (*Acer negundo*);

– комсомольский сад: каштан конский (*Aesculus hippocastanum*), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*), липа крупнолистная (*Tilia mandshurica*), ива вавилонская (*Salix babylonica*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*).

Робиния лжеакация – одна из распространённых пород в Комсомольском парке, так как цветет длительное время, имеет белые соцветия длиной до 15 см и наделена приятным запахом. В сквере Доблести и Славы используется как

быстрорастущее растение с ажурной кроной. В дендрарии ФНЦ агроэкологии РАН данный вид прижился благодаря биоэкологическому потенциалу и хорошей адаптации к суровым условиям.

В г. Волгограде и области в рамках национального проекта «Экология» проводится большая работа по решению многолетних экологических проблем. Для сохранения дендрологических коллекций на протяжении 2019–2023 гг. была проведена работа по разработке проекта реконструкции Дендрария ФНЦ агроэкологии РАН. На сегодняшний день ФНЦ агроэкологии РАН ведет переговоры с администрацией города для реализации этого масштабного проекта.

ВЫВОДЫ

1. Общее количество рекреационных территорий по г. Волгограду составляет 31 % от общей площади города. Самым озелененным является Кировский район (13 %), так как в зону функционирования района входит остров Сарпинский.

2. По результатам рекреационной оценки ландшафта исследуемые объекты Комсомольский сад и сквер Доблести и Славы относятся к первому классу рекреационной оценки территории и также формируют первый коэффициент рекреационной ценности.

3. Дендрарий ФНЦ агроэкологии РАН принадлежит к третьему классу по рекреационной оценке ландшафта, а по оценке рекреационного потенциала – ко второму коэффициенту рекреационной ценности.

4. Результаты исследований являются основанием для разработки организационно-экономических принципов управления сетевыми формами организации отдыха в регионе на рекреационных территориях (на примере Волгоградской области).

Исследования выполнены по теме государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН: «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России» (регистрационный номер: 121041200195-4). Финансирование – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Голосова Е.В.* История и значение предпроектных изысканий при создании Главного ботанического сада РАН // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 5–10.
2. *Боговая И.О., Теодоронский В.С.* Озеленение населенных мест: учеб. пособие. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2014. – 240 с.
3. *Левандовская Н.А., Рысин С.Л.* Опыт оценки рекреационного потенциала лесопарковых территорий в условиях сложного рельефа на примере Горского парка (Братислава, Словацкая Республика) // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 21–28. – DOI: 10.18698/2542-1468-2019-3-21-28.
4. *Public* Perceptions of Urban Green Spaces: Convergences and Divergences / S.M. Atiqul Haq, M.N. Islam, A. Siddhanta [et al.] // Front. Sustain. Cities. – 2021. – Sec. Urban Greening-Vol. 3. – DOI:10.3389/frsc.2021.755313.
5. *Matovnikov S.A., Matovnikova N.G.* Innovative Urban Planning Methods for the Urban Landscape Design in the Volgograd Agglomeration // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1966–1971. – DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.199.
6. *Константинов В.М., Челидзе Ю.Б.* Экологические основы природопользования: учеб. для учр. сред. проф. образования. – 14-е изд., стер. – М.: Академия, 2013. – 240 с.
7. *Колышев Ю.Б.* Потенциал ландшафтного дизайна природной зоны Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – № 3 (88). – С. 452–458. – EDN: VWRIKZ.
8. *Архив* погоды в Волгограде [Электронный ресурс]. – URL: https://www.meteoservice.ru/archive/volgograd (дата обращения: 31.08.2023).

9. *Картографический* фонд Волгограда [Электронный ресурс]. – URL: http://www.volgmap.ru/vlg.map. (дата обращения: 23.06.202).
10. *Рекреационное* лесопользование: учебник / В.М. Ивонин, И.В. Воскобойникова, Н.Д. Пеньковский, А.А. Багдасарян. – Ростов-н/Д: Фонд науки и образования, 2016. – 144 с.
11. *Теодоронский В.С., Боговая И.О.* Объекты ландшафтной архитектуры: учеб. пособие для студентов спец. 2600500. – М.: МГУЛ, 2003. – 300 с.
12. *Тюльпанов Н.М.* Лесопарковое хозяйство: учеб. пособие для техникумов. – Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1975. – 160 с.
13. *Рысин С.Л., Кобяков А.В.* Совершенствование методики оценки рекреационного потенциала лесов на урбанизированных территориях // Вопросы ландшафтной архитектуры: науч. тр. – М.: МГУЛ, 2014. – Вып. 369. – С. 97–101.
14. *Рысин С.Л., Рысин Л.П.* О необходимости разработки концепции рекреационного лесопользования на урбанизированных территориях // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 4. – С. 129–138. – EDN: NXYSEH.
15. *Рысин С.Л.* Рекреационный потенциал лесопарковых ландшафтов и методика его изучения // Лесохозяйственная информация. – 2003. – № 1. – С. 17–27.

REFERENCES

1. Golosova E.V., *Lesnoi vestnik, Forestry Bulletin*, 2018, Vol. 22, No. 4, pp. 5–10. (In Russ.)
2. Bogovaya I.O., Teodoronskii V.S., *Ozelenenie naselennykh mest* (Greening populated areas), Sankt-Peterburg: Lan', 2014, 240 p.
3. Levandovskaya N.A., Rysin S.L., *Lesnoi vestnik, Forestry Bulletin*, 2019, Vol. 23, No. 3, pp. 21–28, DOI: 10.18698/2542-1468-2019-3-21-28 (In Russ.)
4. Atiqul Haq SM, Islam MN, Siddhanta A, Ahmed K.J and Chowdhury MTA, *Front. Sustain. Cities*, 2021, Sec. Urban Greening, Vol. 3, DOI:10.3389/frsc.2021.755313.
5. Matovnikov S.A., Matovnikova N.G, *Procedia Engineering*, 2016, Vol. 150, pp. 1966–1971, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.199.
6. Konstantinov V.M., Chelidze Yu.B., *Ekologicheskie osnovy prirodopol'zovaniya* (Ecological foundations of environmental management), Moscow: Academy, 2013, 240 p.
7. Kolyshev Yu.B., *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura, 2022, No. 3 (88), pp. 452–458, EDN VWRIKZ. (In Russ.)
8. *Arkhiv pogody v Volgograde:* https://www.meteoservice.ru/archive/volgograd (August 31, 2023).
9. *Kartograficheskii fond Volgograda:* http://www.volgmap.ru/vlg.map. (June 25, 2023).
10. Ivonin V.M., Voskoboinikova I.V., Pen'kovskii N.D., Bagdasaryan A.A., *Rekreatsionnoe lesopol'zovanie* (Forest management), Rostov na Donu: Fond nauki i obrazovaniya, 2016, 144 p.
11. Teodoronskii V.S., Bogovaya I.O., *Ob"ekty landshaftnoi arkhitektury* (Objects of landscape architecture), Moscow: MGUL, 2003, 300 p.
12. Tyul'panov N.M., *Lesoparkovoe khozyaistvo* (Forest management), Leningrad: Stroiizdat. Leningradskoe otdelenie, 1975, 160 p.
13. Rysin S.L., Kobyakov A.V., *Voprosy landshaftnoi arkhitektury. Nauchnye Trudy*, Moscow: MGUL, 2014, Issue 369, pp. 97–101. (In Russ.)
14. Rysin S.L., Rysin L.P., *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa, Lesnoi vestnik.,* 2011, No. 4, pp. 129–138, EDN NXYSEH. (In Russ.)
15. Rysin S.L., *Lesokhozyaistvennaya informatsiya,* 2003, No. 1, pp. 17–27. (In Russ.)

УДК 635.24: 635.073
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-32-41

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА ПРИ РАЗНЫХ ПРИЕМАХ ПОСАДКИ

А.С. Катаев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

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

E-mail: aKataev92@mail.ru.

***Ключевые слова*:** топинамбур, схема посадки, масса посадочного клубня, урожайность, фракционный состав, сухое вещество, витамин С.

Реферат. *Для расширения производства топинамбура в Российской Федерации необходимо разрабатывать адаптивные технологии возделывания культуры в различных регионах страны. Полевые исследования проводили на территории учебно-научного опытного поля Пермского ГАТУ. Изучали три варианта схемы посадки: 70 х 30; 70 х 40 и 70 х 50 см и три варианта массы посадочного клубня: 20–40; 41–60 и 61–80 г. Агротехнические мероприятия – общепринятые для Нечерноземной зоны. Технология посадки топинамбура – гребневая. Результаты исследований показывают, что при всех изучаемых схемах посадки топинамбур формирует одинаковую урожайность клубней – 18,3–19,3 т/га. При использовании на посадку клубней массой 41–80 г урожайность увеличивается на 1,1–1,7 т/га по сравнению с посадочной фракцией 21–40 г, что обусловлено увеличением густоты растений на 0,1 шт/м^2. Показатели биологической урожайности полностью отражают фактическую урожайность. При изучаемых схемах посадки она была также одинаковой и составила 2002,6–2177,9 г/м^2, а при посадке более крупными клубнями выше на 271,7–277,0 г/м^2 по сравнению с клубнями 20–40 г. В урожае топинамбура преобладает доля клубней мелкой фракции – 48–59%. Доля продовольственной фракции составляет 8–16%. Фракционный состав клубней в урожае не зависит от массы посадочного клубня. Доля посадочных клубней в урожае при схемах 70 х 30 и 70 х 40 см выше на 6–8%. Более высокое содержание сухого вещества в клубнях наблюдали при посадке клубнями массой 20–60 г – 21,3–21,6%, а витамина С – при посадке клубнями 61–80 г – 14,5 мг/кг. Схема посадки не оказывает влияния на биохимический состав клубней топинамбура.*

FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF TOPINAMBUR TUBERS WITH DIFFERENT PLANTING TECHNIQUES

A.S. Kataev, PhD in Agricultural Sciences, senior researcher

Perm State Agricultural and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikova, Perm, Russia

E-mail: aKataev92@mail.ru.

***Keywords*:** topinambur, planting scheme, planting tuber weight, yield, fractional composition, dry matter, vitamin C.

Abstract. *To expand the production of topimanbur in the Russian Federation, it is necessary to develop adaptive cultivation technologies in various regions of the country. Field research was carried out on the territory of the educational and scientific experimental field of the Perm State Technical University. Three variants of the planting scheme were studied: 70x30, 70x40 and 70x50 cm and three variants of the weight of the planting tuber: 20-40 g, 41-60 g and 61-80 g. The applied agrotechnical measures are generally accepted for the non–Chernozem zone. The technology of planting topinambur is a comb. The research results show that with planting schemes of 70x30, 70x40 and 70x50 cm, topinambur forms the exact yield of tubers – 18.3-19.3 t/ha. When used for planting tubers weighing 41-80 g, the yield increases by 1.1-1.7 t/ha, compared with the planting fraction of 21-40 g, due to an increase in plant density by 0.1 pcs. /m^2. Biological yield indicators fully reflect the actual yield. Under the studied planting schemes, it was also the same and amounted to 2002.6-2177.9 g/m^2, and when planted with larger tubers, it was 271.7-277.0 g/m^2 higher than tubers of 20-40 g. The proportion of tubers of the small fraction – 48-59% prevails in the Jerusalem artichoke crop. The share of the food fraction is 8-16%. The fractional composition of tubers in the crop does not depend on the mass of the planting tuber. The share of planting tubers in the harvest with schemes 70x30 and 70x40 cm is higher by 6-8%. A higher dry matter content in tubers was observed when planting tubers weighing 20-60 g – 21.3-21.6%, and vitamin C – when planting tubers 61-80 g – 14.5 mg/kg. The planting scheme does not affect the biochemical composition of topinambur tubers.*

Большинство ученых относят топинамбур к культурам многоцелевого использования, обладающим высокой адаптацией к различным условиям возделывания [1, 2]. В настоящее время площадь посадок под топинамбуром в мире составляет около 2,5 млн га. Во многих странах топинамбур выращивают как овощную культуру. В России площади посадок для промышленного производства топинамбура не превышают 3 тыс. га и сосредоточены в нескольких крупных хозяйствах [3]. На сегодняшний день культуру топинамбура комплексно изучают в Центральной России, в Чувашской Республике, в Пензенской области и других регионах. Разработкой оптимальных приемов возделывания топинамбура на примере местных сортов занимаются ученые в Узбекистане и Казахстане [4]. В Среднем Предуралье в 20-е гг. прошлого столетия изучением оптимальной массы посадочного клубня и сроков весенней посадки занимались ученые Пермского сельскохозяйственного института А.А. Хребтов и П.В. Максимов. В сегодняшние дни в Республике Башкортостан влияние схемы посадки и массы посадочного материала на урожайность продукции топинсолнечника исследуют ученые БашГАУ [5].

Продукция топинамбура – это естественный экологически чистый источник сырья широкого применения [6]. В различных странах мира, в том числе в Российской Федерации, известно применение продукции топинамбура в кормовых, продовольственных и экологических целях [6–10]. Высокая биохимическая ценность, сбалансированность по минеральному составу, наличие в составе полного комплекса незаменимых аминокислот придают клубням топинамбура особую значимость при использовании в различных отраслях пищевой промышленности [11–13]. Уже на протяжении многих лет известна технология производства хлеба и хлебобулочных изделий на основе муки из топинамбура, которая улучшает структуру теста, повышает качество изделий по объему и пористости [14, 15]. Помимо этого, клубни топинамбура используются для диетического питания, производства ферментативных напитков, пищевых и биологически активных добавок [16–20]. В кормовых целях используют как клубни, так и зеленую массу. В 100 кг клубней содержится 24 к. ед. и 1,5 кг переваримого протеина, в зеленой массе – 22,5 к. ед. и 1,9 кг переваримого протеина, что позволяет рассматривать топинамбур в качестве альтернативы кукурузе и подсолнечнику [21, 22].

Учеными установлено, что 1 га посадок топинамбура поглощает из воздуха в 1,5 раза больше кислорода, чем 1 га леса [8]. Несмотря на возможность широкого применения, производство и переработка данной культуры в Российской Федерации ограничены [22]. Расширению промышленного производства топинамбура в нашей стране препятствует ряд проблем – отсутствие разработанных зональных адаптивных технологий возделывания, отсутствие возможности механизированного возделывания культуры [23, 24].

Важными агротехническими приемами в технологии возделывания топинамбура являются схема посадки и масса посадочного клубня. Поэтому для получения высокой урожайности и качества клубней топинамбура целью наших исследований было выявление оптимальной схемы посадки и массы посадочного клубня в почвенно-климатических условиях Среднего Предуралья.

Задачи исследования: определить урожайность клубней и ее структуру, фракционный состав клубней и содержание сухого вещества и витамина С.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2018–2020 гг. на территории учебно-научного опытного поля Пермского ГАТУ. Изучали три варианта схемы посадки: 70 х 30; 70 х 40 и 70 х 50 см и три варианта массы посадочного клубня: 20–40; 41–60 и 61–80 г. Повторность в опыте четырехкратная. Размещение вариантов систематическое методом расщепленных делянок. Учетная площадь делянки – 20 м^2. Объект исследований – сорт топинамбура Скороспелка. Опыт заложен по методике Б.А. Доспехова [25]. Урожайность, показатели её структуры (густота растений, продуктивность куста, число клубней в кусте и их средняя масса) определяли по методике государственного сортоиспытания [26]; фракционный состав клубней – по методике физиолого-биохимических исследований картофеля [27]; содержание сухого вещества в

клубнях – по ГОСТ 28561-90, витамина С – по ГОСТ 24556-89.

Агротехнические мероприятия – общепринятые для Нечерноземной зоны. Минеральные удобрения вносили разбрасывателем D-Pol в дозе N_{221} P_{74} K_{374}. Подготовка клубней к посадке заключалась в сортировке по изучаемым фракциям, просушивании. Посадку клубней проводили вручную на глубину 5–6 см согласно изучаемым схемам посадки в 2018 г. – 15 июня, в 2019 г. – 26 мая, в 2020 году – 17 мая. Уход за посадками включал в себя трехкратную междурядную обработку культиватором КОН-2,8. Уборку клубней проводили поделяночно картофелекопалкой КТН-2В с подбором вручную в 2018 г. – 28 октября, в 2019 г. – 25 октября, в 2020 г. – 3 октября. Почва – дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая. За мелкие клубни в урожае топинамбура принимали клубни массой менее 20 г, за средние – 21–80, за крупные – более 80 г.

Метеорологические условия по годам исследований были разные. Гидротермический коэффициент в 2018 г. составил 1,21, в 2019 г. – 2,86, в 2020 г. – 1,36 [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что урожайность клубней топинамбура существенно не зависит от изучаемых схем посадки и составляет в среднем 18,3–19,3 т/га. Наблюдается тенденция к ее увеличению при более загущенных схемах посадки в среднем на 0,9–1,0 т/га (табл. 1). Наибольшая фактическая урожайность отмечена при посадке клубнями массой 61–80 г и составила в среднем 19,7 т/га, что на 1,7 т/га выше, чем при посадке мелкими посадочными клубнями. При использовании фракции 41–60 г получена сопоставимая урожайность – 19,1 т/га. Повышение урожайности клубней наблюдается при использовании более крупного посадочного материала: при схеме посадки 70 х 30 см – на 1,3–1,4 т/га; 70 х 40 см – на 1,5–1,8 т/га; 70 х 50 см – на 0,2–2,3 т/га.

Таблица 1

Фактическая и биологическая урожайность клубней топинамбура (среднее за 2018–2020 гг.)
Actual and biological yield of Jerusalem artichoke tubers (average for 2018–2020)

Схема посадки, см (А)	Масса посадочного клубня, г (В)			Среднее по А	
	20–40	41–60	61–80		
	Фактическая урожайность, т/га				
70 х 30	18,3	19,6	19,7	19,2	
70 х 40	18,2	20,0	19,7	19,3	
70 х 50	17,5	17,7	19,8	18,3	
	Биологическая урожайность, г/м^2				
	1935,7	2304,4	2293,7	2177,9	
	1825,7	2098,1	2213,2	2045,7	
	1916,2	2090,0	2001,6	2002,6	
Среднее по В	18,0	19,1	19,7		
$НСР_{05}$ главных эффектов		по фактору А		$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$
		по фактору В		1,4	232,0
$НСР_{05}$ частных различий		по фактору А		$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$
		по фактору В		2,4	401,8

Показатели биологической урожайности клубней подтверждают выявленные закономерности формирования фактической урожайности (r = 0,94). В зависимости от схемы посадки она была одинаковой и составила 2002,6–2177,9 г/м^2. Повышение биологической урожайности наблюдается при посадке клубнями 41–80 г – на 271,7–277,0 г/м^2 в сравнении с посадкой клубнями 20–40 г.

Густота растений перед уборкой закономерно была на 0,8–1,4 шт/м^2 выше при посадке по схеме 70 х 30 см (табл. 2). Посадка топинамбура

более крупными клубнями (41–80 г) обеспечивает существенно бóльшую густоту растений – в среднем на уровне 3,3 шт/м^2. Это способствует формированию более высокой фактической урожайности (r = 0,93) (см. табл. 1). При редкой схеме посадки формируется более высокая продуктивность куста – на 154,5–248,0 г по сравнению с густыми схемами посадки.

Таблица 2

Густота стояния растений перед уборкой и продуктивность куста топинамбура (среднее за 2018–2020 гг.)
Plant density before harvesting and productivity of Jerusalem artichoke bush (average for 2018–2020)

Схема посадки, см (А)	Масса посадочной фракции, г (В)	Густота растений, шт/м^2	Среднее по А	Продуктивность куста, г	Среднее по А
70 х 30	20–40	3,9	4,0	494,2	545,4
	41–60	4,0		582,8	
	61–80	4,2		559,2	
70 х 40	20–40	3,1	3,2	592,9	638,9
	41–60	3,3		645,7	
	61–80	3,3		678,2	
70 х 50	20–40	2,5	2,6	772,3	793,4
	41–60	2,7		802,0	
	61–80	2,5		805,9	
Среднее по B_1		3,2		619,8	
Среднее по B_2		3,3		676,8	
Среднее по B_3		3,3		681,1	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору А		0,1		106,2	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору А		0,1		183,9	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору В		0,1		$F_ф < F_{05}$	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору В		0,1		$F_ф < F_{05}$	

При посадке по схеме 70 х 50 см в кусте топинамбура формируется на 2,5–3,9 клубня больше, чем при более редких схемах посадки, а средняя масса клубня больше на 7,4 г по сравнению с посадкой по схеме 70 х 30 см (табл. 3).

Увеличение числа клубней в кусте и средней массы одного клубня обеспечивает более высокую продуктивность куста при редких схемах посадки, что компенсирует потери в этих вариантах, связанные с низкой густотой посадки и обеспечивает в целом формирование равной урожайности при разных схемах посадки (см. табл. 1).

Таблица 3

Число клубней в кусте и средняя масса клубня (среднее за 2018–2020 гг.)
Number of tubers in a bush and average tuber weight (average for 2018–2020)

Схема посадки, см (А)	Масса посадочной фракции, г (В)	Число клубней, шт.	Среднее по А	Средняя масса клубня, г	Среднее по А
1	2	3	4	5	6
70 х 30	20–40	13,5	15,4	36,8	35,8
	41–60	16,2		36,7	
	61–80	16,6		33,8	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
70 х 40	20–40	14,2	16,8	42,2	39,1
	41–60	17,6		37,7	
	61–80	18,7		37,4	
70 х 50	20–40	20,9	19,3	39,0	43,2
	41–60	16,4		50,6	
	61–80	20,6		40,2	
Среднее по B_1		16,2		39,3	
Среднее по B_2		16,7		41,6	
Среднее по B_3		18,6		37,1	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору А		2,4		4,3	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору А		4,1		7,5	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору В		2,1		4,0	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору В		3,7		7,0	

При посадочной фракции 61–80 г в кусте топинамбура формируется 18,6 клубня, что на 2,4 шт. больше, чем при посадке мелкими клубнями. Однако средняя масса клубня при этом ниже, чем при посадке клубнями 20–40 и 41–60 г, что определяет отсутствие существенных различий в продуктивности куста в зависимости от массы посадочного клубня (см. табл. 2).

Доля мелких клубней в урожае топинамбура значительно выше доли клубней средней и крупной фракции и составляет 48–59% (табл. 4). Доля крупных клубней варьирует на уровне 8–16%. Доля клубней средней фракции была выше на 6–8% при схемах посадки 70 х 30 и 70 х 40 см. Фракционный состав клубней топинамбура не зависит от крупности посадочного материала.

Таблица 4

Фракционный состав клубней топинамбура (среднее за 2018–2020 гг.), %
Fractional composition of Jerusalem artichoke tubers (average for 2018–2020), %

Схема посадки, см (А)	Масса посадочной фракции, г (В)	Фракционный состав клубней топинамбура, %					
		мелкие клубни	среднее по А	средние клубни	среднее по А	крупные клубни	среднее по А
1		2		3		4	
70 х 30	20–40	49	52	40	37	11	11
	41–60	52		38		10	
	61–80	55		34		11	
70 х 40	20–40	51	51	36	39	13	10
	41–60	48		43		9	
	61–80	55		37		8	
70 х 50	20–40	59	56	29	31	12	13
	41–60	54		30		16	
	61–80	54		35		11	
Среднее по B_1		53		35		12	
Среднее по B_2		51		37		12	
Среднее по B_3		55		35		10	

Окончание табл.4

1	2	3	4
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору А	$F_ф < F_{05}$	6	$F_ф < F_{05}$
$НСР_{05}$ частных различий по фактору А	$F_ф < F_{05}$	11	$F_ф < F_{05}$
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору В	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$
$НСР_{05}$ частных различий по фактору В	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$

Схема посадки не оказывает влияние на содержание сухого вещества и витамина С в клубнях топинамбура (табл. 5). Более высокое содержание сухого вещества формируется при посадке клубнями 20–60 г – 21,3–21,6%, а витамина С, наоборот, при крупных посадочных клубнях – 14,5 мг/кг. Снижение содержания сухого вещества при посадке клубнями 61–80 г наблюдается при всех изучаемых схемах посадки.

Таблица 5

Содержание сухого вещества и витамина С в клубнях топинамбура (среднее за 2018–2020 гг.)
Content of dry matter and vitamin C in Jerusalem artichoke tubers (average for 2018–2020)

Схема посадки, см (А)	Масса посадочной фракции, г (В)	Сухое вещество, %	Среднее по А	Витамин С, мг/кг	Среднее по А
70 х 30	20–40	22,1	21,1	14,7	14,0
	41–60	21,5		13,2	
	61–80	19,7		14,2	
70 х 40	20–40	21,4	20,9	13,0	14,0
	41–60	20,6		14,3	
	61–80	20,6		14,8	
70 х 50	20–40	21,2	21,2	15,1	14,7
	41–60	21,9		14,6	
	61–80	20,6		14,5	
Среднее по $В_1$		21,6		14,3	
Среднее по $В_2$		21,3		14,0	
Среднее по $В_3$		20,3		14,5	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору А		$F_ф < F_{05}$		$F_ф < F_{05}$	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору А		$F_ф < F_{05}$		$F_ф < F_{05}$	
$НСР_{05}$ главных эффектов по фактору В		0,4		0,5	
$НСР_{05}$ частных различий по фактору В		0,7		0,8	

ВЫВОДЫ

1. Фактическая и биологическая урожайность клубней топинамбура не зависела от изучаемых схем посадки. При посадке клубнями массой 61–80 г наблюдается повышение фактической – на 1,7 т/га и биологической урожайности – на 271,7–277,0 г/м^2 при посадке клубнями массой 41–80 г.

2. Густота растений была закономерно выше при густых схемах посадки – на 0,8–1,4 шт/м^2, а продуктивность куста, наоборот, при более редких схемах посадки – на 154,5–248,0 г. Это обусловливает формирование одинаковой

фактической и биологической урожайности при всех изучаемых схемах посадки. Повышение урожайности при посадке более крупными клубнями обусловлено более высокой густотой растений – на 0,1 шт/м^2 и несущественно бóльшей продуктивностью куста – на 57,0–61,3 г.

3. При более редких схемах посадки отмечали существенное повышение числа клубней в кусте – на 2,5–3,9 шт. и средней массы одного клубня – на 7,4 г, что обусловливает формирование существенно бóльшей продуктивности куста.

4. В урожае топинамбура преобладают клубни мелкой фракции – 48–59%. Доля клубней крупной фракции составляет 8–16%. Фракционный состав клубней в урожае не зависит от массы посадочного клубня. Доля средних клубней в урожае топинамбура при схемах 70 х 30 и 70 х 40 см выше на 6–8%.

5. Содержание сухого вещества и витамина С в клубнях топинамбура в зависимости от схемы посадки существенно не изменялось. Отмечали более высокое содержание сухого вещества при посадке клубнями массой 20–60 г – на 1,0–1,3%, а витамина С – при посадке крупными клубнями – на 0,5 мг/кг по сравнению с посадкой клубнями 41–60 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рябов С.В., Сахаров А.В., Гасанова Е.С.* Зависимость урожайности топинамбура от метеоусловий // Инновационные технологии и технические средства в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ГАУ им. Императора Петра I, 2016. – С. 59–63.
2. *Дзанагов С.Х., Ногайти Т.Г.* Урожайность и качество кормовых культур в зависимости от удобрений и биостимуляторов // Энтузиасты аграрной науки: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию кафедры агроном. химии Кубан. гос. аграр. ун-та и памяти акад. Василия Григорьевича Минеева. – Краснодар: Изд-во Кубан. ГАУ, 2017. – С. 118–135.
3. *Неменущая Л.А., Коноваленко Л.Ю., Щеголихина Т.А.* Состояние производства топинамбура // Научно-инновационное обеспечение инновационного развития АПК: сб. ст. по материалам XII Междунар. науч.-практ. интернет-конференции / Рос. НИИ информации и техн.-экон. исследований по инженер.-техн. обеспечению АПК. Правдинский, 2020. – С. 142–145.
4. *Жангабаева А. С, Мавлянова Р.Ф.* Влияние элементов агротехнологии на урожайность топинамбура в условиях Каракалпакстана // International scientific review. – 2017. – № 5. – С. 15–17.
5. *Даутова Э.Р., Валитов А.В., Анохина Н.С.* Влияние качества посевного материала на продуктивность топинсолнечника сорт БашГАУ // Роль агрономической науки в оптимизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур: сб. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию работы кафедры растениеводства ФНБОУ ВО Ижевская ГСХА в Удмуртии. – Ижевск: Ижев. ГСХА, 2020. – С. 121–125.
6. *К вопросу* механизации уборки топинамбура / В.В. Михеев, В.И. Еремченко, П.А. Еремин, В.К. Пышкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 3. – С. 65–70.
7. *Гулянов Ю.С.* Влияние условий минерального питания на урожайность зеленой массы и клубней топинамбура в зоне южных степей Оренбургского Предуралья // Известия Горского ГАУ. – 2019. – № 3. – С. 11–16.
8. *Ревнивцев П.В., Ведина Я.В.* Топинамбур (Heliautus tuberosus) – инновационная культура многоцелевого назначения // Молодые ученые – сельскому хозяйству: материалы студ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. ГАУ, 2017. – С. 21–25.
9. *Bach V., Clausen M.R., Edelenbos M.* Production of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) and Impact on Inulin and Phenolic Compounds (Book Chapter) // Processing and Impact on Active Components in Food. – 2015. – С. 97–102.
10. *Ibarguren L., Rebora C., Alberto M.* Harvest time effect on horticultural quality of topinambur (Helianthus tuberosus L.) kept in the soil or in cold storage | [Efecto del momento de cosecha sobre la calidad hortícola de tubérculos de topinambur (Helianthus tuberosus L.) conservados a campo y en cámara frigorífica] // Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. – 2018. – N 50 (1). – С. 61–71.
11. *Ярошевич М.И., Савич И.М., Гиль Т.В.* Изучение и разработка основных приемов агротехники возделывания топинамбура в Беларуси // Интродукция, сохранение и использование биологического

разнообразия мировой флоры: материалы междунар. конф., посвящ. 80-летию Центр. бот. сада НАН Беларуси. – Минск: Конфидо, 2012. – С. 232–236.
12. *Сорняки* на посадках топинамбура / Ю.А. Масюк, В.Н. Зейрук, Ю.П. Бойко [и др.] // Защита и карантин растений. – 2018. – № 11. – С. 43–44.
13. *Варичир К.С.* Современное состояние использования сырья клубней топинамбура (Heliathus tuberosus L.) в пищевых производствах // Студенческие исследования – производству: сб. тр. по материалам 30-й студ. науч. конф. по естественным, техническим и гуманитарным наукам. – Благовещенск: Изд-во ДГАУ, 2022. – С. 47–53.
14. *Ермош Л.Г., Березовикова И.П.* Технология хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов с использованием муки из топинамбура // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 1–7.
15. *Пищевая* добавка из топинамбура для производства хлебобулочных изделий с лечебно-профилактическими свойствами / В.Ф. Рябова, С.Ш. Латыпова, Е.Е. Ходакова, Д.Э. Миллер // Молодой ученый. – 2015. – № 23. – С. 217–219.
16. *Жучкова М.А., Скрипников С.Г.* Топинамбур – растение XXI века // Овощи России. – 2017. – № 1(34). – С. 31–33.
17. *Гасанова Е.С., Котов В.В.* Изменение содержания и молекулярной массы инулина в клубнях топинамбура под влиянием удобрений и мелиоранта // Инновационные технологии производства зерновых, зернобобовых, технических и кормовых культур: юбил. сб. науч. тр. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ГАУ им. Императора Петра I, 2016. – С. 156–161.
18. *Суммарная* антиоксидантная активность листьевой и клубневой частей топинамбура сорта Скороспелка урожая 2017 г. в Тверской области / В.Н. Зеленков, А.А. Лапин, М.Н. Павлов, З.И. Усанова // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: сб. науч. тр. по материалам Нац. науч.-практ. конф. – Тверь: Изд-во Твер. ГСХА, 2019. – С. 8–11.
19. *Azza A. Abou-Arab, Hala A. Talaat., Ferial M. Abu-Salem* Physico-chemical Properties of Inulin Produced from Jerusalem Artichoke Tubers on Bench and Pilot Plant Scale // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2011. – N 5 (5). – P. 1297–1309.
20. *Saengthongpinit W., Sajjaanantakul T.* Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke tubers // Postharvest Biology and Technology. – 2005. – N 37. – P. 93–100.
21. *Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А.* Топинамбур – кормовая культура // Агроснабфорум. – 2018. – № 1 (157). – С. 56–57.
22. *Катаев А.С., Елисеев С.Л.* Формирование урожайности зеленой и сухой массы топинамбура в зависимости от сроков посадки и уборки // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 8. – С. 44–51.
23. *Ильченко С.М., Патласов О.Ю.* Конъюнктура рынка топинамбура и продуктов его переработки // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (21). – С. 261–266.
24. *Результаты* и проблемы промышленного освоения производства и переработки топинамбура / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, П.С. Звягинцев // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2016. – № 17. – С. 48–52.
25. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд., стер. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
26. *Роговский Ю.А.* Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1: Общая часть / Гос. комиссия по сортоиспытанию с.-х. культур при МСХ СССР; сост. Ю. А. Роговский [и др.]. – М., 1985. – 194 с.
27. *Кирюхин В.П.* Методика физиолого-биохимических исследований картофеля / НИИ картоф. хоз-ва. – М., 1989. – 142 с.
28. *Шихов А.Н.* Космический мониторинг засух на территории Уральского Прикамья по многолетним рядам данным дистанционного зондирования земли // Географический вестник. – 2013. – № 4 (27). – С. 100–107.

REFERENCES

1. Ryabov S.V., Sakharov A.V., Gasanova E.S., *Innovacionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva v APK* (Innovative technologies and technical means in the agro-industrial complex), Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists, Voronezh: Voronezh GAU, 2016, pp. 59–63. (In Russ.)
2. Dzanagov S.H., Nogaiti T.G., *Entuziasty agrarnoj nauki* (Enthusiasts of agrarian science), Collection of articles based on the materials of the conference, Krasnodar: Publishing House of the Kuban State University, 2017, pp. 118–135. (In Russ.)
3. Nemenuschaya L.A., Konovalenko L.Yu., Shchegolikhina T.A., *Nauchno-innovacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK* (Scientific and innovative support of innovative development of agroindustrial complex), Collection of articles based on the materials of the XII International Scientific and Practical Internet Conference, Pravdinsky, 2020, pp. 142–145. (In Russ.)
4. Dzhanabayeva A.S., Mavlyanova R.F., *International scientific review*, 2017, No. 5, pp. 15–17. (In Russ.)
5. Dautova E.R., Valitov A.V., Anokhina N.S., *Rol' agronomicheskoj nauki v optimizacii tekhnologij vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur* (The role of agronomic science in the optimization of crop cultivation technologies), Collection of papers based on the materials of the International scientific and practical conference, Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2020, pp. 121–125. (In Russ.)
6. Miheev V.V., Eremchenko V.I., Eremin P.A., Pyshkin V.K., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2018, No. 3, pp. 65–70. (In Russ.)
7. 7. Gulyanov Yu.S., *Izvestiya Gorskogo GAU,* 2019, No. 3, pp. 11–16. (In Russ.)
8. Revnivtsev P.V., Vedina Ya.V., *Molodye uchenye – sel'skomu hozyajstvu* (Young scientists – agriculture), Materials of the student conference, Saratov: Publishing House of the Saratov State Agrarian University, 2017, pp. 21–25. (In Russ.)
9. Bach V., Clausen M.R., Edelenbos M., Production of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) and Impact on Inulin and Phenolic Compounds (Book Chapter), *Processing and Impact on Active Components in Food*, 2015, pp. 97–102.
10. Ibarguren L., Rebora C., Alberto M., *Harvest time effect on horticultural quality of topinambur (Helianthus tuberosus L.) kept in the soil or in cold storage*, [Efecto del momento de cosecha sobre la calidad hortícola de tubérculos de topinambur (Helianthus tuberosus L.) conservados a campo y en cámara frigorífica], Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 2018, № 50 (1), pp. 61–71.
11. Yaroshevich M.I., Savich I.M., Gil T.V., *Introdukciya, sohranenie i ispol'zovanie biologicheskogo raznoobraziya mirovoj flory* (Introduction, conservation and use of the biological diversity of the world flora), Proceedings of the international conference, Minsk: Confidor Publishing House, 2012, pp. 232–236. (In Russ.)
12. Masyuk Yu.A., Zejruk V.N., Bojko Yu.P., *Zashchita i karantin rastenij*, 2018, No. 11, pp. 43–44. (In Russ.)
13. Varichir K.S., *Studencheskie issledovaniya – proizvodstvu (Student Research – Production)*, Collection of papers based on the materials of the 30th Student Scientific conference on natural, technical and humanitarian sciences, Blagoveshchensk: Publishing House of the DGAU, 2022, pp. 47–53. (In Russ.)
14. Ermosh L.G., Berezovikova I.P., *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*, 2012, No. 4, pp. 1–7. (In Russ.)
15. Ryabova V.F., Latypova S.Sh., Hodakova E.E., Miller D.E., *Molodoj uchenyj,* 2015, No. 23, pp. 217–219. (In Russ.)
16. Zhuchkova M.A., Skripnikov S.G., *Ovoshchi Rossii*, 2017, No. 1 (34), pp. 31–33. (In Russ.)
17. Gasanova E.S., Kotov V.V., *Innovacionnye tekhnologii proizvodstva zernovyh, zernobobovyh, tekhnicheskih i kormovyh kul'tur* (Innovative technologies for the production of cereals, legumes, technical and fodder crops), Anniversary collection of scientific papers, Voronezh: Publishing House of the Voronezh State University named after Emperor Peter I, 2016, pp. 156–161. (In Russ.)
18. Zelenkov V.N., Lapin A.A., Pavlov M.N., Usanova Z.I., *Innovacionnye podhody k razvitiyu nauki i proizvodstva regionov* (Innovative approaches to the development of science and production in the regions), Collection of scientific papers based on the materials of the National Scientific and Practical Conference, Tver: Publishing House of the Tver State Agricultural Academy, 2019, pp. 8–11. (In Russ.)

19. A. Abou-Arab Azza, A. Talaat Hala., M. Abu-Salem Ferial, Physico-chemical Properties of Inulin Produced from Jerusalem Artichoke Tubers on Bench and Pilot Plant Scale, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, No. 5 (5), pp. 1297–1309.
20. Saengthongpinit W., Sajjaanantakul T., Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke tubers, *Postharvest Biology and Technology*, 2005, No. 37, pp. 93–100.
21. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Manokhina A.A., *Agrosnabforum*, 2018, No. 1 (157), pp. 56–7. (In Russ.)
22. Kataev A.S., Eliseev S.L., *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2022, No. 8, pp. 44–51. (In Russ.)
23. Il'chenko S.M., Patlasov O.Yu., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 1 (21), pp. 261–266. (In Russ.)
24. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Manokhina A.A., Zvyagintsev P.S., *Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N.F. Katanova,* 2016, No. 17, pp. 48–52. (In Russ.)
25. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alliance Publishing House, 2011, 352 p. (In Russ.)
26. Rogovsky Yu.A., *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops), Issue 1. General part, Moscow, 1985, 194 p. (In Russ.)
27. *Kiryuhin V.P.* Metodika fiziologo-biohimicheskih issledovanij kartofelya Kiryukhin V.P. (Methodology of physiological and biochemical studies of potatoes), Moscow: NIIKH, 1989, 142 p.
28. Shihov A.N., *Geograficheskij vestnik*, 2013, No. 4 (27), pp. 100–107. (In Russ.)

УДК: 633:11.879
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-42-47

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ НА ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

[1]**В.А. Коробов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]**А.Е. Ивлева**, аспирант
[2]**К.В. Жучаев**, доктор биологических наук, профессор
[2]**О.Н. Сороколетов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[2]**С.Х. Вышегуров**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия*
[2]*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*
E-mail: vikt-korobov@ yandex.ru

***Ключевые слова*:** фульвовые кислоты, пшеница, урожайность, гербицидный стресс.

Реферат. *Приведены результаты испытаний препарата, полученного из животноводческих отходов, содержащего фульвовые кислоты, на озимой и яровой пшенице. Препарат получали путем обработки 60%-й азотной кислотой водного настоя куриного помета и свиноводческого стока. Перед применением препарат разводили водой в соотношении 1:100. Рабочий раствор имел pH 6,7–6,9. Указанная величина pH рабочего раствора предотвращает возможное негативное влияние препарата на другие агрохимикаты при использовании баковых смесей. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы полученным препаратом, при норме его расхода 0,1 л/т в 1,8 раза в сравнении с контролем увеличивала площадь флаговых листьев, оказывающих значительное положительное влияние на урожайность. Биомасса растений, обработанных препаратом, была больше, чем в контроле, в 1,3 раза. Предпосевная обработка семян препаратом при норме расхода 0,1 л/т приводила к увеличению урожайности озимой пшеницы в условиях Белгородской области на 0,44 т/га, или на 6,8%, а также содержания клейковинного белка в зерне на 2,0% и снижала зараженность семян альтернариозом. Опрыскивание яровой пшеницы в фазу роста стебля (два узла) повышало урожайность на 0,73 т/га, или 20,8%. Применение препарата для предпосевной обработки семян существенно снижало чувствительность растений яровой пшеницы к гербицидному стрессу. Рост урожайности под влиянием препарата достигался за счет увеличения количества колосьев на 11,2%, а за счет повышения числа зерен в колосе колоса – на 8,3%.*

EFFECTIVENESS OF A PREPARATION BASED ON ANIMAL EFFECTS ON WINTER AND SPRING WHEAT

[1]**V.A. Korobov,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]**A.E. Ivleva,** graduate student
[2]**K.V. Zhuchaev,** Doctor of Biological Sciences, Professor
[2]**O.N. Sorokoletov,** Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
[2]**S.H. Vyshegurov,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]*Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*
[2]*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*
E-mail: vikt-korobov@ yandex.ru

Keywords: fulvic acids, wheat, yield, herbicide stress.

Abstract: *The results of testing a drug obtained from livestock waste containing fulvic acids on winter and spring wheat are presented. The prescription was obtained by treating an aqueous infusion of chicken manure and pig waste with 60% nitric acid. Before use, the drug was diluted with water in a ratio of 1:100. The working solution had a pH of 6.7–6.9. The specified pH value of the working solution prevents the possible adverse effect of the drug on other agrochemicals when using tank mixtures. Pre-sowing treatment of winter wheat seeds with the resulting preparation, at a consumption rate of 0.1 l/t, increased the area of flag leaves, which had a significant positive effect on yield, by 1.8 times compared with the control. The biomass of plants treated with the drug was 1.3 times greater than in the control. Pre-sowing treatment of seeds with the medication at a consumption rate of 0.1*

l/t led to an increase in the yield of winter wheat in the conditions of the Belgorod region by 0.44 t/ha, or by 6.8%, as well as the content of gluten protein in grain by 2.0% and reduced infection of seeds with Alternaria. Spraying spring wheat during the stem growth phase (two nodes) increased the yield by 0.73 t/ha or 20.8%. The use of the drug for pre-sowing seed treatment significantly reduced the sensitivity of spring wheat plants to herbicide stress. The increase in yield under the influence of the medicine was achieved by increasing the number of ears by 11.2% and by increasing the number of grains in an ear by 8.3%.

Увеличение спроса на экологически безопасные продукты питания и необходимость обеспечения экологически сбалансированного устойчивого развития сельского хозяйства явились предпосылкой для развития органического земледелия. С переходом же к органическому земледелию резко возрос интерес к удобрениям естественного происхождения и стимуляторам роста растений. Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что стимуляторы роста растений достаточно хорошо изучены как эффективное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1–5].

В качестве стимуляторов роста растений наиболее широко используются цитотокинины, ауксины, гуминовые кислоты или гуматы, а также препараты, содержащие комплекс биологически активных веществ, обладающих стимулирующим воздействием на растения. Как дешевый источник для получения ростостимулирующих веществ большой интерес представляют животноводческие отходы: навоз крупного рогатого скота, свиноводческие стоки, куриный помет. На комплексах и птицефабриках России ежегодно образуется около 160 млн м^3 навозной массы и сырого помета [6]. Помимо большого комплекса питательных для растений веществ они содержат гуминовые и фульвовые кислоты. Особенный практический интерес представляют фульвовые кислоты, так как помимо того, что они, как и гуминовые кислоты, позволяют растениям наиболее полно усваивать питательные вещества, регулируют рост и развитие растений, повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды [7].

Целью нашего исследования являлось изучение влияния фульвовых кислот, полученных из животноводческих стоков, на продуктивность пшеницы и ее устойчивость к гербицидному стрессу.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили в полевых и лабораторных опытах на озимой и яровой пшенице в 2020–2020 и 2023 гг. Фульвовые кислоты получали обработкой 60%-й азотной кислотой настоя куриного помета и свиноводческого стока. Полученный препарат перед применением разводили водой в соотношении 1:100. При таком разведении pH рабочего раствора составляет 6,7–6,9. Это предотвращает возможное негативное влияние препарата на другие агрохимикаты при использовании баковых смесей.

Опыт с озимой пшеницей сорта Гром проводили на производственном посеве ООО «Прохоровская зерновая компания» в Белгородской области. Препарат вносили способом предпосевной обработки семян. Для приготовления рабочего раствора на 1 т семян 0,1 л препарата разводили в 10 л воды. Размер делянок в опыте 15 га, повторность опыта однократная.

Эффективность фульвовых кислот на яровой пшенице изучали в мелкоделяночном опыте на стационаре Белгородского государственного аграрного университета. Сорт пшеницы Тризо. В фазу роста стебля (два узла) растения опрыскивали препаратом с помощью ранцевого опрыскивателя с нормой расхода рабочего раствора 300 л/га. Рабочий раствор приготавливали из расчета 10 мл препарата в 1 л воды. Размер делянок в опыте 40 м^2, повторность опыта четырехкратная.

Предшественником озимой и яровой пшеницы была соя. На озимой пшенице в фазу цветения проводили учеты сырой биомассы растений и измеряли площадь флагового листа. В фазу полной спелости зерна на озимой и яровой пшенице учитывали биологическую урожайность отбором снопов с площадок 50 х 50 см. При анализе снопов на озимой пшенице визуально подсчитывали количество семян с черным зародышем. Для определения энергии прорастания семян нового урожая по 20 зерен

помещали в чашки Петри на увлажненную фильтровальную бумагу и в течение 5 дней проращивали в инкубаторе при температуре 23^{0}С.

Для оценки антистрессовых свойств испытываемого препарата использовали метод кондуктометрии [8, 9]. Растения выращивали методом рулонов. В каждый рулон из смоченной водой фильтровальной бумаги помещали по 30 семян пшеницы в четырехкратной повторности. Рулоны помещали в пластиковые стаканы с водой и ставили в климатическую камеру при температуре 25^{0}С и относительной влажности воздуха 70% на 3–4 недели. Растения пшеницы доводили до фазы кущения. Выращенные растения обрабатывали с помощью ручного опрыскивателя гербицидами и их баковыми смесями с испытываемым препаратом. Через 4 дня у растений обрезали листья, измельчали и делали водную вытяжку. Измерение удельной электропроводности вытяжки проводили кондуктометром S230-USP/EP Toledo. Устойчивость сортов к стрессовому фактору рассчитывали по формуле

$$K = \frac{|G_0 - G_K|}{G_K} \cdot 100\% \ ,$$

где $G_к$ – электропроводность водных вытяжек листьев контрольных образцов; $G_о$ – электропроводность водных вытяжек листьев опытных образцов.

Об устойчивости сорта судили по относительному изменению электропроводности (K) водных вытяжек листовой ткани проростков [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы при в норме его расхода 0,1 л/т в 1,8 раза в сравнении с контролем увеличивала площадь флаговых листьев (табл. 1). Как известно, этот орган растений пшеницы оказывает значительное положительное влияние на урожайность [11, 12]. Препарат также достоверно положительно влиял и на биомассу растений, которая была больше, чем в контроле, в 1,3 раза.

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян озимой пшеницы сорта Гром препаратом на основе фульвокислот на морфометрические показатели растений в производственном опыте в ООО «Прохоровская зерновая компания» (2019–2020 гг.)

The influence of pre-sowing treatment of winter wheat seeds of the Grom variety with a preparation based on fulvic acids on the morphometric parameters of plants in a production experiment at Prokhorovskaya Grain Company LLC (2019–2020)

Вариант	Площадь флаговых листьев, см^2/м^2	Сырая биомасса растений, г/м^2
Эталон	16082,9	3445,0
Препарат, 0,1 л/т	29399, 9	4389,0
НСР$_{05}$	8045,0	857,0

По данным учета биологической урожайности в опыте, в варианте с испытываемым препаратом было достоверно больше (на 17,0%), чем в контроле, количество продуктивных стеблей; на 2,5% – масса 1000 зерен, а урожайность зерна увеличилась на 0,44 т/га, или 6,8% (табл. 2).

При этом количество зерен с черным зародышем (возбудитель – грибы *Alternaria* spp.) в варианте с препаратом было в 2,7 раза меньше, чем в контроле (табл. 3).

В варианте препаратом, по данным лабораторного анализа, проведенного испытательной лабораторией БелГАУ, было отмечено увеличение содержание клейковины на 2,0 %. В варианте, где семена обрабатывали испытываемым препаратом, установлено снижение в 2,7 раза по отношению к контролю количества зерен с черным зародышем, вызываемого грибами рода *Alternaria*. Ранее исследованиями К.Б. Чилачаевой с соавторами было установлено, что фульвовые кислоты могут обладать фунгицидными свойствами [13].

Таблица 2

Биологическая урожайность озимой пшеницы сорта Гром в производственном опыте в ООО «Прохоровская зерновая компания» (2019–2020 гг.)
The biological yield of winter wheat variety Grom in production experience at Prokhorovskaya Grain Company LLC in (2019–2020)

Вариант	Количество колосьев, шт/м^2	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га	Количество зерен с черным зародышем, %	Содержание сырой клейковины, %
Эталон	423	36	40,0	6,45	11,0	17,0
Препарат, 0,1 л/т	495	35	41,0	6,89	4,0	19,0
$НСР_{05}$	57	2	0,9	0,09	-	-

Еще более эффективным было применение препарата Тропиканка во время вегетации яровой пшеницы. Опрыскивание растений при норме расхода 2,0 л/га в фазу роста стебля (два узла) привело к повышению урожайности зерна на 0,73 т/га, или 20,8% (см. табл. 3). Рост урожайности под влиянием препарата достигался в основном, как и на озимой пшенице, за счет увеличения количества колосьев – на 11,2%, а также за счет роста озернённости колоса – на 8,3%.

Таблица 3

Биологическая урожайность яровой пшеницы сорта Тризо в полевом опыте по испытанию препарата Тропиканка на опытном поле БелГАУ в 2023 г.
The biological yield of spring wheat variety Trizo in a field experiment to test the drug Tropikanka on the Belgorod State University experimental field in 2023.

Вариант	Количество колосьев, шт/м^2	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зерна, т/га
Контроль	390	24	38,0	3,51
Тропиканка, 2,0 л/га	434	26	38,4	4,24
$НСР_{05}$	44	1	1,2	0,47

Как известно, одним из наиболее серьезных антропогенных стрессоров, оказывающих существенное влияние на продуктивность культурных растений, являются гербициды [14, 15]. Проведенные нами исследования на трех сортах яровой пшеницы с использованием кондуктометрического метода показали, что предпосевная обработка семян яровой пшеницы испытываемым препаратом при норме расхода 0,1 л/т приводила к более чем двукратному снижению стрессовой реакции растений на применение гербицида Велосити на чувствительном к гербициду сорте Ирень (табл. 4).

Таблица 4

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы препаратом Тропиканка на стрессоустойчивость растений к гербициду Велосити
The influence of pre-sowing treatment of spring wheat seeds with Tropikanka on the stress resistance of plants to the herbicide Velocity

Вариант	Относительное изменение электропроводности водных вытяжек листовой ткани растений, %		
	Ирень	Новосибирская 31	Экада 113
Велосити, 0,33 кг/га	51,04*	29,91*	6,75
Велосити+Тропиканка (0,33 кг/га+0,1 л/т)	21,88*	29,48*	11,72*

* Различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.
* Differences with control are significant at $p \leq 0.05$.

ВЫВОДЫ

1. Применение препарата на основе фульвовых кислот, полученного из животноводческих стоков, для предпосевной обработки семян озимой пшеницы в условиях Белгородской области приводило к стимулированию роста растений и повышению ее урожайности на 0,44 т/га, или 6,8%. Опрыскивание яровой пшеницы препаратом в фазу роста стебля (два узла) увеличивало урожайность зерна на 0,73 т/га, или 20,8%.

2. Препарат на основе фульвокислот оказывал положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы, повышая количество клейковинного белка на 2,0% и снижая почти в 3 раза пораженность зерен черным зародышем.

3. Предпосевная обработка семян препаратом на основе фульвокислот оказывала положительное влияние на стрессоустойчивость чувствительного к гербициду Велосити сорта яровой пшеницы Ирень.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Применение* ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы / Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балобанова, В.А. Волкова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 10. – С. 73–77.
2. *Влияние* регуляторов роста на урожайность сои / Х.Ш. Тарчоков, М.М. Чочаев, Д.А. Тутукова, А.Х. Журтова // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 58. – С. 168–177.
3. *Абрамова А.Ф., Губанов В.Г.* Влияние биостимуляторов роста на некоторые биологические показатели растений // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 40–41.
4. *Халгаева К.Э.* Комплексное влияние стимуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях светло–каштановых почв Калмыкии: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – Астрахань, 2012. – 22 с.
5. *Chen Y., Clapp C.E., Magen H.* Mechanism of Plant Growth Stimulation by Humic Substances: The Rol of Organo–Iron Complexes / Soil Science end Plant Nutrition. – 2004. – N 2. – P. 1089–1095.
6. *Глеба О.В.* Экологические проблемы животноводческой отрасли// Аграрное и земельное право. – 2019. – № 7 (15). – С. 67–72.
7. *Фульвовые* кислоты – прорыв в растениеводствек XXI века. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.apk–news.ru/fulvovye–kisloty–proryv–v–rastenievodstve–xxi–veka/ (дата обращения: 5.10.2023)
8. *Гришенкова Н.Н., Лукаткин А.С.* Определение устойчивости растительных тканей к абиотическим стрессам с использованием кондуктометрического метода // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 3–11.
9. *Коробова Л.Н., Гурова Т.А., Луговская О.С.* Диагностика устойчивости сортов яровой пшеницы и ячменя к обыкновенной корневой гнили кондуктометрическим методом // Сельскохозяйственная биология. – 2013. – № 5. – С. 100–105.
10. *Оценка* стрессоустойчивости сортов зерновых культур кондуктометрическим методом: метод. рекомендации / Л.Н. Коробова, Т.А. Гурова, Е.А. Голощапова [и др.]; Рос. акад. с.–х. наук. Сиб. регион. отд–ние, Сиб. физико–техн. ин–т аграр. проблем. – Новосибирск, 2010. – 48 с.
11. *Роль* флаговых листьев в формировании продуктивности растений озимой мягкой пшеницы (Triticum aestivum L.) / Г.А. Голева, Т.Г. Ващенко, Т.И. Крюкова, А.Д. Голев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (49). – С. 31–42.
12. Флаговый лист как фактор повышения урожайности яровой твердой пшеницы. [Электронный ресурс]. – URL:// https://euroasia–science.ru/selskoxozyajstvennye–nauki/флаговый–лист–как–фактор–повышения–пр/ (дата обращения: 5.10.2023).
13. *Изучение* фунгицидных свойств фульвовых кислот /К.Б. Чилачаева, Г.В. Песцов, А.В Глазунова [и др.] // Аграрная наука. – 2019. – № 2. – С. 172–174.
14. *Дворянкин Е.А.* Потери урожая сахарной свеклы от фитотоксичности гербицидов. Методика исследования токсичности гербицидов // Сахар. – 2008. – № 7. – С. 25–29.
15. *Коробов В.А., Морозов Д.О., Букреев В.В.* Стрессовая реакция сельскохозяйственных культур на химические и биологические пестициды // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. тр. 8–й Междунар. науч. конф. – Ростов–н/Д., 2020. – Т. 1. – С. 164–167.

REFERENCES

1. Voronkova N.A., Balobanova N.F., Volkova V.A. [i dr.], *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2020, T. 34, No. 10, pp. 73–77. (In Russ.)
2. Tarchokov H.Sh., Chochaev M.M., Tutukova D.A., Zhurtova A.H., *Zemledelie i selekcija v Belarusi*, 2022, No. 58, pp. 168–177. (In Russ.)
3. Abramova A.F., Gubanov V.G., *Fundamental'nye issledovanija*, 2005, No. 9, pp. 40–41. (In Russ.)
4. Halgaeva K.Je., *Kompleksnoe vlijanie stimuljatorov rosta i mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' ozimoj pshenicy v uslovijah svetlo–kashtanovyh pochv Kalmykii* (Complex influence of growth stimulants and mineral fertilizers on the yield of winter wheat in the conditions of light chestnut soils of Kalmykia), Astrahan', 2012, 22 p.
5. Chen Y., Clapp C.E., Magen H., Mechanism of Plant Growth Stimulation by Humic Substances: The Rol of Organo–Iron Complexes, *Soil Science end Plant Nutrition*, 2004, No. 2, pp. 1089–1095.
6. Gleba O.V., *Agrarnoe i zemel'noe pravo*, 2019, No. 7 (15), pp. 67–72. (In Russ.)
7. Ful'vovye kisloty – proryv v rastenievodstvek HHI veka: https://www.apk–news.ru/fulvovye–kisloty–proryv–v–rastenievodstve–xxi–veka/ (data obrashhenija: 5.10.2023 g.).
8. Grishenkova N.N., Lukatkin A.S., *Povolzhskij jekologicheskij zhurnal*, 2005, No. 1, pp. 3–11. (In Russ.)
9. Korobova L.N., Gurova T.A., Lugovskaja O.S., *Sel'skohozjajstvennaja biologija*, 2013, No. 5, pp. 100–105. (In Russ.)
10. Korobova L.N., Gurova T.A., Goloshhapova E.A. [i dr.], *Ocenka stressoustojchivosti sortov zernovyh kul'tur konduktometricheskim metodom* (Assessment of stress resistance of grain crop varieties using the conductometric method: methodological. recommendations), Ros. akad. s.–h. nauk. Sib. region. otd–nie, Sib. fiziko–tehn. in–t agrar. Problem, Novosibirsk, 2010, 48 p.
11. Goleva G.A., Vashhenko T.G., Krjukova T.I., Golev A.D., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 2 (49), pp. 31–42. (In Russ.)
12. *Flagovyj list kak faktor povyshenija urozhajnosti jarovoj tverdoj pshenicy*: https:// https://euroasia–science.ru/selskoxozyajstvennye–nauki/flagovyj–list–kak–faktor–povyshenija–pr/ (data obrashhenija: 5.10.2023 g.).
13. Chilachaeva K.B., Pescov G.V., Glazunova A.V. [i dr.], *Agrarnaja nauka*, 2019, No. 2, pp. 172–174. (In Russ.)
14. Dvorjankin E.A., *Sahar*, 2008, No. 7, pp. 25–29. (In Russ.)
15. Korobov V.A., Morozov D.O., Bukreev V.V., *Sostojanie i perspektivy razvitija agropromyshlennogo kompleksa* (State and prospects for development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Rostov na Donu, 2020, T. 1, pp. 164–167. (In Russ.)

УДК 632.937
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-48-57

БИОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

[1,2]**В.С. Масленникова**, научный сотрудник
[1,2]**В.П. Цветкова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[3]**В.А. Нестеренко**, главный агроном
[1]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
[2]ООО НПФ «Исследовательский центр», р.п. Кольцово Новосибирской обл., Россия
[3]Аграрный комплекс «Сады Гиганта», р.п. Кольцово Новосибирской обл., Россия
E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

Ключевые слова: картофель, Розара, Фитоп 8.67, биологизация, фунгицидное действие, урожайность.

Реферат. *В результате исследований, проведенных в 2014–2017 гг. на базе агрокомплекса «Сады Гиганта», установлено, что биопрепарат Фитоп 8.67 оказывал фунгицидное действие на ризоктониоз при одновременном ростостимулирующем эффекте и увеличении продуктивности картофеля в условиях Новосибирской области. Препарат Фитоп 8.67 способствует увеличению биометрических показателей раннеспелого сорта картофеля Розара, таких как высота растений (в 1,9 раза), количество стеблей (в 1,6 раза), масса 1 растения (в 1,2 раза), по сравнению с контролем. При этом препарат способствовал снижению распространенности ризоктониоза в период вегетации. Биологическая эффективность препарата на 4-ю неделю составила 65,6 %, на 6-ю – 83,8, а на 10-ю – 80,5 %. Предпосадочная обработка клубней картофеля биопрепаратом Фитоп 8.67 положительно повлияла на формирование урожая. Под влиянием микробиологического комплекса происходило увеличение доли клубней крупной фракции и снижение – мелкой. Прибавка урожайности в среднем за 4 года составила 6,63 т/га. Распространенность ризоктониоза на клубнях нового урожая в опытном варианте снизилась с 24,55 до 15,5 % в 2014 г., с 55,3 до 1,55 в 2015 г.; с 62,0 до 15,6 в 2016 г. и с 40,67 до 4,1 % в 2017 г. В связи с этим можно рекомендовать к применению биопрепарат Фитоп 8.67 в концентрации 1х10^6 КОЕ/мл для предпосадочной обработки клубней в качестве стимулятора роста с фунгицидными свойствами, для повышения продуктивности, а также с целью снижения химической нагрузки на агроценоз картофельного поля.*

BIOLOGIZATION OF POTATO CULTIVATION TECHNOLOGY IN WESTERN SIBERIA

[1,2] **V.S. Maslennikova**, Researcher
[1,2] **V.P. Tsvetkova**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
[3]**V.A. Nesterenko**, Chief agronomist
[1]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
[2]LLC NPF "Research Center", settlement Koltsovo, Novosibirsk region, Russia
[3]Agricultural complex "Giant's Gardens", settlement Koltsovo, Novosibirsk region, Russia
E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

Keywords: potatoes, Rosara, Fitop 8.67, biologization, fungicidal effect, productivity.

Abstract. *As a result of studies conducted in 2014–2017. based on the agro-complex "Giant's Gardens", it was established that the biological product Fitop 8.67 had a fungicidal effect on Rhizoctonia while simultaneously having a growth-stimulating effect and increasing potato productivity in the conditions of the Novosibirsk region. The drug Fitop 8.67 helps to increase the biometric indicators of the early ripening potato variety Rosara, such as plant height (1.9 times), number of stems (1.6 times), and weight of 1 plant (1.2 times), compared to the control. At the same time, the drug helped reduce the prevalence of rhizoctoniosis during the growing season. The biological effectiveness of the medication at week 4 was 65.6%. At week 6 – 83.8, and at week 10 – 80.5%. Pre-planting treatment of potato tubers with the biological preparation Fitop 8.67 positively affected the crop's formation. Under the influence of the microbiological complex, there was an increase in the proportion of tubers of the large fraction and a decrease in the small fraction. The average increase in yield over four years was 6.63 t/ha. The*

prevalence of rhizoctoniosis on tubers of the new crop in the experimental version decreased from 24.55 to 15.5% in 2014, from 55.3 to 1.55 in 2015, from 62.0 to 15.6 in 2016 and from 40.67 to 4.1% in 2017. In this regard, we can recommend the use of the biological product Fitop 8.67 at a concentration of 1x106 CFU/ml for pre-planting treatment of tubers as a stimulant growth with fungicidal properties, to increase productivity, as well as to reduce the chemical load on the agrocenosis of the potato field.

Картофель – культура разностороннего использования, применяется для продовольственных, кормовых и технических целей. Современный прогресс в картофелеводстве возможен за счет внедрения высокоурожайных сортов и совершенствования технологии возделывания на основе биологизации в условиях адаптивно-ландшафтной экономически оправданной системы земледелия [1–3]. Одним из главных подходов к решению этого вопроса является испытание и применение в производстве экологически безопасных приемов защиты от патогенов семенного и продовольственного картофеля. Биологические препараты стимулируют рост и развитие растений, повышают устойчивость к факторам внешней среды, способствуют повышению урожайности [4–6]. Биопрепараты обеспечивают высокий уровень иммунитета растений картофеля к основным заболеваниям [7].

Пример комплексного применения факторов биологизации технологии возделывания картофеля в России пока отсутствует. Идет локальная импровизация и поиск как со стороны ученых, так и со стороны практиков, накопление позитивного опыта, который со временем выльется в концепцию биологического земледелия России. Реализация данной концепции не требует больших капиталовложений, существенной перестройки технологических процессов в организации производства [8]. Применение биологических средств защиты растений прибыльно – каждый вложенный рубль окупается 2–40 руб. Одновременно решается проблема экологической чистоты защитных мероприятий и повышения качества продукции [9].

В Новосибирской области есть успешный опыт применения биологических препаратов в технологии возделывания томата [10], моркови [11], лука [12].

Цель работы – оценка эффективности применения биопрепарата Фитоп 8.67 при выращивании картофеля в открытом грунте по технологии, применяемой в хозяйстве Новосибирской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены с 2014 по 2017 г. на базе агрокомплекса «Сады Гиганта», расположенного в Новосибирской области, Новосибирском районе, посёлке Кольцово.

Объектами исследования являлись: раннеспелый сорт картофеля Розара, ризоктониоз картофеля *Rhizoctonia solani* J.G. Kuhn, биопрепарат Фитоп 8.67 (на основе смеси штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641), предоставленный ООО НПФ «Исследовательский центр» (Новосибирск, р.п. Кольцово).

Закладку опытов проводили в соответствии с методикой полевых исследований по Б.А. Доспехову [13] по технологии, применяемой в хозяйстве.

Схема опыта включала два варианта:

1. Технология хозяйства – обработка клубней перед посадкой препаратами Максим, КС (25 г/л флудиоксонил) + Табу (500 г/л имидаклоприд).
2. Опытная технология – обработка клубней перед посадкой суспензией препарата Фитоп 8.67 (0,1 л/т картофеля).

Учет пораженности ризоктониозом стеблей проводили через 4, 6 и 10 недель после посадки по пятибалльной шкале Франка [14]. Степень поражения ризоктониозом клубней нового урожая определяли по соотношению массовой доли здоровых клубней и пораженных различными формами заболевания. Более точная оценка состояния клубней давалась на основе расчета склероциального индекса (S.i.) [15].

Технология выращивания картофеля в агрокомплексе «Сады Гиганта» заключалась в следующем. В начале октября производится зяблевая вспашка тракторами «Агротрон» и полуоборотными плугами Vis+1. Под весеннее

закрытие влаги (конец апреля) разбрасывают минеральные удобрения согласно результатам анализа почвы (табл. 1). Образцы почвы отбирают осенью, и, в зависимости от культуры и планируемой урожайности, специалисты дают рекомендации по количеству и наименованию удобрений. Предпосевная культивация проводится 12–14 мая.

Таблица 1

Нормы внесения минеральных удобрений в севообороте хозяйства (2014–2017 гг.)
Norms for applying mineral fertilisers in farm crop rotation (2014–2017)

Год посадки картофеля	Площадь посадки, га	Предшественник	Минеральные удобрения	
			наименование	норма внесения, кг/га
2014	128	Пар сидеральный (овес)	Азотно-фосфорно-калийное	270
2015	132	Мелкосемянные культуры (морковь, свекла)	Азофоска	200
			Сульфат аммония	100
			Сульфат калия	50
2016	132	Картофель	Азотно-магниевое Азотно-фосфорно-калийное	180 270
2017	120	Пар сидеральный (овес)	Азотно-магниевое Диаммофоска	200 170

Разбрасыватели удобрений – UNIA 1600 и Amazone ZA-m 3000, агрегатируются тракторами DEUTZ-FAHR AGROTRON 165.7 («Агротрон») и CASE Maxxum 115 («Кейс»). Далее идет борона дисковая прицепная DANA БДП 3×4 «Алмаз», трактор AGROTRON 165.7, после бороны следом (чтобы не пересыхала почва) – сажалка картофельная Grimme модель GL 34T с фрезерным культиватором, агрегатируется трактором DEUTZ-FAHR AGROTRON 165.7 (посадка картофеля – 12–14 мая). Густота посадки клубней 46 тыс шт/га, 75 х 29 см.

Обработка клубней происходит непосредственно в сажалке при посадке картофеля (традиционная технология: Максим, КС (25 г/л флудиоксонил) – 0,4 л/т картофеля + Табу (500 г/л имидаклоприд) 0,4 л/т картофеля; опытная технология: Фитоп 8.67 – 0,1 л/т картофеля).

Первая гербицидная обработка (10–13 июня) – Лазурит, расход рабочей жидкости 300 л/га. Опрыскивание вегетирующих сорняков производится до всходов культуры или при высоте ботвы картофеля до 5 см (трактор «Кейс» + опрыскиватель Amazon 3000, подвоз воды МТЗ-82 + бочка с водой на 3 м^3). Окучивают картофель 23–25 июня с использованием окучника – гребнеобразователь Grimme GH4 + трактор «Кейс». Вторая гербицидная обработка (начало июля) – Лазурит супер 0,4 л/т + Эскудо 20 г/га. Расход рабочей жидкости – 300 л/га.

Фунгицидная обработка проводится при наступлении ЭПВ фитофтороза препаратом Инфинито 1,5 л/га способом опрыскивания по вегетации с прилипателем Адью 200 мл/га (в 2015 г.), Ордан МЦ 2 кг/га + Адью (в 2016 г.), Раек 0,4 л/га + Адью (в 2017 г.), расход рабочей жидкости 300 л/га При необходимости – производится инсектицидная обработка препаратом Борей Нео 0,1 л/га (2016 г.).

За 10–12 дней до начала уборки проходит скашивание ботвы ботвоудалителем Grimme KS 3000, агрегатируемым трактором МТЗ-82.

Уборка картофеля производится трактором «Агротрон» и картофельным прицепным двухрядным комбайном DEWULF, а также трактором «Кейс» с картофелекопалкой Grimme WR-200. Вывоз картофеля осуществляется тракторами с прицепами 2ППТС-12.

Картофель (элита) был приобретен в 2013, 2015, 2017 гг. в ООО «Солана-Агро Сервис» Самарской области.

Почва опытного участка – среднесуглинистая тёмно-серая лесная с содержанием (по данным агрохимцентра «Новосибирский») гумуса в слое 0–30 см 3,35–4,14 %, легкогидролизуемого азота – 2,01–2,36 мг/100 г почвы, подвижного

фосфора (по Чирикову) – 15,0–19,3, обменного калия (по Масловой) – 7,99–10,3 мг/100 г почвы, pH солевой вытяжки – 6,1–6,5.

Статистическую обработку данных, полученных в полевых опытах, проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Распространенность ризоктониоза на семенных клубнях была превышена относительно ГОСТа в 2014 г. в 3,3 раза, 2016 г. – в 2,7. В 2014 г. картофель в большей степени был поражен сетчатой формой ризоктониоза. Единичные склероции составили 8 % от всей партии. В 2016 г. преобладала склероциальная форма – 28 %. В 2015 и 2017 гг. был закуплен элитный картофель, поэтому в эти годы распространенность болезни была на уровне ЭПВ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты клубневого анализа картофеля сорта Розара
Results of tuber analysis of potatoes of the Rosara variety

Год	Здоровые клубни, %	Клубни, зараженные ризоктониозом, %			Склероциальный индекс (S.i.)	Распространенность ризоктониоза, %
		сетчатый некроз	единичные склероции+1/10 поверхности	1/4 и 1/2 поверхности		
2014	62	30	8	0	0,33	32,9
2015*	89	0	11	0	0,10	11,3
2016	67	5	28	0	1,07	26,7
2017*	90	6	4	0	0,15	10,9

* Год закупки картофеля категории элита.

Ростостимулирующее действие биопрепарата Фитоп 8.67 проявилось в увеличении значений морфометрических показателей обработанных клубней в период вегетации. Под влиянием бактериальных штаммов масса 1 растения при учете на 4-ю неделю после посадки достоверно увеличивалась на 35,2 % в 2014 г., на 18,3 – в 2015 г. и на 43,6 % – в 2017 г. Длина надземной части растений в среднем за 4 года в опытном варианте была выше в 1,9, а количество стеблей – в 1,6 раза (табл. 3).

Таблица 3

Влияние препарата Фитоп 8.67 на морфометрические показатели картофеля и пораженность ризоктониозом на сорте Розара (4-я неделя)
Effect of the drug Fitop 8.67 on the morphometric parameters of potatoes and the incidence of Rhizoctonia on the Rosara variety (4th week)

Вариант	Год	Масса 1 растения	Высота, см	Кол-во стеблей, шт	Кол-во столонов			Индекс развития	Биологическая эффективность, %
					общее	поражение	опавшие		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технология хозяйства	2014	18,4	8,3	3,9	2,8	0	0	12,1	-
	2015	24,5	7,6	4,8	3,2	0	0	0	-
	2016	39,8	8,1	4	2,9	0	0	22,5	-
	2017	15,0	8,2	3,4	0	0	0	4,7	-
Среднее за 4 года		24,4	8,0	4,2	2,97	0	0	9,82	-

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Опытная технология (Фитоп 8.67)	2014	28,4	20,2	6,7	2,9	0	0	1,6	73,8
	2015	30,0	9,6	6,4	9,6	0	0	0	-
	2016	44,5	16,0	6,8	10,2	0	0	1,3	86,6
	2017	26,6	12,6	3,8	0	0	0	0	100,0
Среднее за 4 года		32,4	15,3	6,6	7,6	0	0	0,73	86,7
$НСР_{05}$		8,54	5,46	1,12	1,52			12,61	

Применение биологического препарата значительно снизило поражение стеблей. Уже при учете на 4-ю неделю количество пораженных стеблей в опытном варианте снизилось в 4 раза, а также отсутствовали поражения стеблей, оцененные 3 и 4 баллами. Количество столонов достоверно увеличилось в 2,6 раза.

При учете через 1,5 месяца после посадки количество здоровых стеблей статистически достоверно увеличивалось в среднем в 3,1 раза (табл. 4). Стебли растений, не обработанные биоагентами, были поражены не только на 1–3 балла, но и на 4–5 (2015, 2016 гг.).

Таблица 4

Влияние препарата Фитоп на морфометрические показатели картофеля и пораженность ризоктониозом на сорте Розара (6-я неделя)

The effect of the drug Fitop on the morphometric parameters of potatoes and the incidence of Rhizoctonia on the Rosara variety (6th week)

Вариант	Год	Масса 1 растения, г	Высота, см	Кол-во стеблей, шт.	Количество столонов			Индекс развития	Биологическая эффективность, %
					общее	пораженные	опавшие		
Технология хозяйства	2014	263,1	35,0	5,2	20,4	0	0	22,6	-
	2015	245,2	27,2	4,2	19	0,2	0,4	35,8	-
	2016	433,2	43,2	2,8	20	2,2	4	40,0	-
	2017	219,4	39,4	2,8	5,6	0,8	0	30,0	-
Среднее за 4 года		290,2	35,1	3,9	19,8	0,8	1,47	32,1	-
Опытная технология (Фитоп 8.67)	2014	396,1	41,2	7,7	43,2	0	0	4,8	70,9
	2015	334,4	36,6	9	60,2	0	0	3,1	91,3
	2016	481,4	47,4	3,2	27,4	5	0,6	1,4	86,3
	2017	302,4	47,8	3,8	13,2	0,6	0	5,3	86,8
Среднее за 4 года		378,6	41,7	6,6	43,6	1,67	0,2	3,6	83,8
$НСР_{05}$		69,75	6,55	2,02	10,87			12,61	

Масса одного растения при опытной технологии была на 23,3 % выше, чем при технологии хозяйства. Длина надземной части увеличилась с 35,1 до 41,7 см. При применении Фитопа 8.67, количество стеблей в кусте также было в 1,7 раза больше (в среднем увеличилось на 2,7 шт. на каждый куст). Количество пораженных столонов уменьшилось в 2 раза, а количество опавших – в 7,4 раза (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид образцов на 6-ю неделю (2015 г.): контроль – технология хозяйства, Фитоп 8.67 – опытная технология

Appearance of samples for the 6th week (2015): control - farm technology, Fitop 8.67 - experimental technology

Зараженность ризоктониозом в опытном варианте снизилась, и при учете на 10-ю неделю после посадки выход здоровых стеблей увеличился в 3,1 раза, пораженных в степени 1 балл – уменьшился в 1,7; 2 балла – в 9,0, а пораженные на 4 и 5 баллов стебли отсутствовали (табл. 5, рис. 2).

Таблица 5

Влияние препарата Фитоп 8.67 на морфометрические показатели картофеля и пораженность ризоктониозом на сорте Розара (10-я неделя)

Effect of the drug Fitop 8.67 on the morphometric parameters of potatoes and the incidence of Rhizoctonia on the Rosara variety (10th week)

Вариант	Год	Масса 1 растения, г	Высота, см	Кол-во стеблей, шт.	Кол-во столонов			Индекс развития	Биологическая эффективность, %
					общее	пораженные	опавшие		
Технология хозяйства	2014	682,4	40,0	6,4	30,7	5,6	3,1	36,9	-
	2015	788,0	53,4	4,4	43,4	5,2	2,4	40,9	-
	2016	723,2	43,2	2,8	20	2,2	4	52,2	-
	2017	627,8	50,4	2,6	14,6	1,6	0,6	40,9	-
Среднее за 4 года		705,4	45,5	4,5	31,4	4,3	3,2	42,8	-
Опытная технология (Фитоп 8.67)	2014	826,6	58,3	8,2	53,6	0	0	8,3	71,4
	2015	847,8	56,0	5,4	55,8	0,4	0	1,5	86,4
	2016	821,2	54,4	3	36	0,2	0,2	2,7	93,5
	2017	1046,4	65,2	4	29,8	2,6	0,8	12,0	70,7
Среднее за 4 года		885,5	56,2	5,5	48,5	0,3	0,1	6,1	80,5
$НСР_{05}^{*}$		105,44	9,10	1,55	11,4			12,61	

Масса 1 растения достоверно увеличилась на 20,0 %, длина надземной части – на 19,0, общее количество стеблей – на 18,1, столонов – на 35,2 %. Количество пораженных столонов на 10-ю неделю учета снизилось с 4,3 до 0,3 шт., а опавших – с 3,2 до 0,1 шт.



Рис. 2. Пораженность стеблей при учете на 10-ю неделю (2016 г.): контроль – технология хозяйства, Фитоп 8.67 – опытная технология

Damage to stems when recording on the 10th week (2016): control - farm technology, Fitop 8.67 - experimental technology

Биологическая эффективность препарата на 4-ю неделю в среднем составила 65,6 %, на 6-ю – 83,8, а на 10-ю неделю – 80,5 %. Индекс развития болезни в среднем по всем срокам учета снизился с 23,8 до 4,9 в 2014 г., с 25,6 до 1,5 – в 2015 г., с 38,2 до 1,8 – в 2016 г. и с 25,2 до 5,8 – в 2017 г. В среднем достигнуто снижение развития ризоктониоза в 2014 и 2017 гг. в 4,6, а в 2014–2015 гг. даже в 19,2 раза.

В результате анализа нового урожая установлено, что исследуемые бактериальные штаммы оказали оздоравливающее действие на клубни картофеля. Под действием биологических агентов формировались клубни преимущественно средней и крупной фракции, а количество клубней мелкой фракции сократилось (табл. 6, рис. 3). В 2014 г. была получена прибавка урожайности 8,2 т/га, при этом масса мелкой фракции снизилась в 3 раза, а масса клубней с 1 куста увеличилась с 662,3 до 867,6 г. Урожайность в 2015 г. достоверно повысилась на 17,3%, в 2016 г. – на 13,0 и в 2017 г. на 18,1 %.

Таблица 6

Влияние Фитопа на фракционный состав клубней и урожайность картофеля сорта Розара
The influence of Fitop on the fractional composition of tubers and the yield of potatoes of the Rosara variety

Вариант	Год	Масса фракций, г			Фракционный состав, %			Масса урожая с 1 куста, г	Урожайность, т/га
		мелкая	средняя	крупная	мелкая	средняя	крупная		
1		2	3	4	5	6	7	8	9
Технология хозяйства	2014	26,6	153,6	482,1	4,01	23,19	72,80	662,3	26,5
	2015	248,8	322,2	251,2	31,10	38,26	30,64	822,2	31,6
	2016	142,1	1524,3	972,7	5,19	58,09	36,72	878,2	35,1
	2017	375,0	2019,3	1233,7	10,03	56,13	33,84	725,6	29,0

Окончание табл. 6

1		2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее за 4 года		198,1	1004,9	734,9	12,6	43,9	43,5	772,1	30,55
Опытная технология (Фитоп 8.67)	2014	8,9	87,6	771,1	1,00	10,00	89,00	867,6	34,7
	2015	111,0	1114,4	230,0	8,01	76,37	15,63	1255,4	38,2
	2016	193,3	2208,7	1224,3	5,01	62,33	32,66	1208,8	40,4
	2017	324,3	2270,3	1835,3	7,44	51,82	40,74	886,0	35,4
Среднее за 4 года		159,4	1420,2	1015,2	5,4	50,1	44,5	1054,5	37,18
$НСР_{05}$		по году						112,78	3,34
		по варианту						124,16	4,16

Увеличение крупной фракции клубней наблюдалось в 2014 и 2017 гг. на 18,2 и 16,9 %. В среднем за 4 года масса клубней с 1 куста достоверно увеличилась на 282,4 г (26,8 %), урожайность – на 6,63 т/га (17,8 %).



Рис. 3. Урожай картофеля с трех кустов (2017 г.): слева – технология хозяйства, справа – опытная технология
Potato harvest from three bashes (2017): on the left – farm technology. On the right – experimental technology

Обработка клубней Фитопом 8.67 значительно улучшила качество нового урожая в сравнении с контролем. Распространенность ризоктониоза в опытном варианте снизилась с 24,55 до 15,5% в 2014 г., с 55,3 до 1,55 – в 2015 г., с 62,0 до 15,6 в 2016 г. и с 40,67 до 4,1% в 2017 г.

Самый высокий показатель склероциального индекса (1,24) наблюдался в 2016 г., что связано с посадкой картофеля по картофелю и высокой распространенностью ризоктониоза на семенном материале. Под действием бактерий склероциальный индекс в среднем за 4 года снизился в 8 раз.

Таким образом, совершенствование предпосадочной обработки клубней в сторону ее биологизации позволяет не только снизить распространенность фитопатогенного гриба *Rhizoctonia solani*, но и повысить продуктивность и качество нового урожая картофеля.

ВЫВОДЫ

1. Распространенность ризоктониоза на посадочном материале превышена относительно экономического порога вредоносности в 3,3 (2014 г.) и в 2,7 раза (2016 г.). В 2014 г. преобладала сетчатая форма ризоктониоза, а в 2016

г. – склероциальная (28 %). В 2015 и 2017 гг. распространенность болезни была на уровне ЭПВ.

2. Активность микробиологической основы препарата Фитоп 8.67 положительно повлияла на формирование растений картофеля по сравнению с технологией, принятой в хозяйстве: растения выглядели более развитыми, с хорошей облиственностью и габитусом. И по высоте растений, и по количеству стеблей в кусте наблюдается достоверное увеличение в опытном варианте на 15–20 %.

3. Распространенность ризоктониоза во время вегетации снизилась на все даты учета. Биологическая эффективность применения биопрепарата в среднем за 4 года составила 76,6 %.

4. Под действием бактериальных агентов формировались клубни преимущественно средней и крупной фракции, а количество клубней мелкой фракции сократилось. В среднем за 4 года масса клубней с 1 куста достоверно увеличилась на 282,4 г (26,8 %), а урожайность – на 6,63 т/га (17,8 %)

5. Обработка клубней Фитопом 8.67 значительно улучшила качество нового урожая в сравнении с контролем. Распространенность ризоктониоза в опытном варианте снизилась с 24,55 до 15,5 % в 2014 г., с 55,3 до 1,55 в 2015 г., с 62,0 до 15,6 в 2016 г. и с 40,67 до 4,1% в 2017 г.

6. Для снижения распространенности фитопатогенного гриба *Rhizoctonia solani* на стеблях, столонах, клубнях картофеля; повышения продуктивности и качества нового урожая и совершенствования предпосадочной обработки клубней в сторону ее биологизации рекомендуется обрабатывать клубни картофеля перед посадкой / при посадке суспензией бактериального препарата Фитоп 8.67 в концентрации 0,1 л/т картофеля.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ НШ1129.2022.2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Адаменко С.В., Щегорец О.В., Чурилова К.С.* Комплексная оценка технологий возделывания картофеля в Амурской области// Адаптивные технологии в растениеводстве Амурской области. – Благовещенск, 2005. – С. 46–51.
2. *Симаков Е.А., Анисимов Б.В.* Совершенствование системы семеноводства – важнейший фактор повышения эффективности производства картофеля // Картофель и овощи. – 2009. – № 10. – С. 2–6.
3. *Федотова Л.С., Подборонов А.В.* Продуктивность картофеля в зависимости от комплексного использования минеральных и бактериальных удобрений на фоне сидератов в условиях Центрально-Черноземного региона России // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 56–62.
4. *Changes* in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants / K. Zarzecka, M. Gugała, I. Mystkowska, A. Sikorska // Plant Soil Environ. – 2021. – Vol. 67 (4). – P. 202–207. – DOI: 10.17221/622/2020-PSE.
5. *Gazdanova I., Gerieva F., Morgoev T.* The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes // Bulg. J. Agric. Sci. – 2022. –Vol. 28 (2). – P. 212–216.
6. *Gleń-Karolczyk K., Bolligłowa E., Luty L.* Health Parameters of Potato Tubers under the Influence of Soil Applied Bio-Preparations and Bio-Stimulants // Appl. Sci. – 2022. – Vol. 12. – P. 11593. – https://doi.org/10.3390/app122211593.
7. *The effectiveness* of using biological preparations in the production technology for seed material of potatoes / M. Orzaliyeva, Ye. Didanova, T. Zherukov [et al.] // lnnovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. – Nalchik, 2021. – Vol. 262. – P. 01028. – DOI: 10.1051/e3sconf/202126201028.
8. *Щегорец А.В., Щегорец О.В.* Биологизация технологии возделывания картофеля в условиях товарного производства // Вестник Дальневосточного государственного аграрного университета. – 2007. – № 1 (1). – С. 152–157.
9. *Михайликова В.В, Стребкова Н.С., Живых А.В.* Биометод в цифрах // Защита и карантин растений. – 2022. – № 11. – С. 39–40. – DOI: 10.47528/1026-8634_2022_11_39.
10. *Биологизация* технологии выращивания тепличного томата в условиях Западной Сибири / В.С. Масленникова, В.П. Цветкова, А.В. Пастухова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский

государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 36–43. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-36-43.
11. *Цветкова В.П., Масленникова В.С., Нестеренко В.А.* Эффективность биопрепарата Фитоп 8.67 на моркови // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 69–75. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-69-75.
12. *Цветкова В.П., Масленникова В.С.* Биопрепарат для защиты и повышения урожайности лука // Картофель и овощи. – 2019. – № 1. – С. 22–24. – DOI: 10.25630/PAV.2019.14.1.006.
13. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 350 с.
14. *Frank L., Leach S.S., Webb R.E.* Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani* // Plant dis. Reporter. – 1976. – Vol. 60, N 11. – P. 910–912.
15. *Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В.* Ризоктониоз картофеля: склероциальный индекс // Защита и карантин растений. – 1999. – № 5. – С. 16–17.
16. *Сорокин О.Д.* Пакет прикладных программ СНЕДЕКОР / Применение математических методов и ЭВМ в почвоведении, агрохимии и земледелии: тез. докл. 3-й науч. конф. рос. о-ва почвоведов. – Барнаул, 1992. – С. 97.

REFERENCES

1. Adamenko S.V., Schegorets O.V., Churilova K.S., *Adaptive technologies in crop production of the Amur region*, Blagoveshchensk, 2005, pp. 46–51. (In Russ.)
2. Simakov E.A., Anisimov B.V., *Kartofel' i ovoshhi*, 2009, No. 10, pp. 2–6. (In Russ.)
3. Fedotova L.S., Podboronov A.V., *Niva Povolzhya*, 2014, No. 1 (30), pp. 56–62. (In Russ.)
4. Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I., Sikorska A., Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants, *Plant Soil Environ*, 2021, Vol. 67 (4), pp. 202–207, DOI: 10.17221/622/2020-PSE.
5. Gazdanova, I., Gerieva F., Morgoev T., The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes, *Bulg. J. Agric. Sci*., 2022, Vol. 28 (2), pp. 212–216.
6. Gleń-Karolczyk K., Bolligłowa E., Luty L., Health Parameters of Potato Tubers under the Influence of Soil Applied Bio-Preparations and Bio-Stimulants, *Appl. Sci*, 2022, Vol. 12, pp. 11593, https://doi.org/10.3390/app122211593.
7. Orzaliyeva M., Didanova Ye., Zherukov T. [et al.], The effectiveness of using biological preparations in the production technology for seed material of potatoes, *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021)*: E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference, Nalchik, 2021, Vol. 262, pp. 01028, DOI: 10.1051/e3sconf/202126201028.
8. Schegorets A.V., Schegorets O.V., *Vestnik Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2007, No. 1 (1), pp. 152–157. (In Russ.)
9. Mikhailikova V.V., Strebkova N.S., Zhivykh A.V., *Zashhita i karantin rastenij*, 2022, No. 11, pp. 39–40, DOI: 10.47528/1026-8634_2022_11_39. (In Russ.)
10. Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Pastukhova A.V. [et al.], *Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2022, No. 3 (64), pp. 36–43, DOI: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-36-43. (In Russ.)
11. Tsvetkova V.P., Maslennikova V.S., Nesterenko V.A., *Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2020, No. 2 (55), pp. 69–75, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-69-75. (In Russ.)
12. Tsvetkova V.P., Maslennikova V.S., *Kartofel' i ovoshhi*, 2019, No. 1, pp. 22–24, DOI: 10.25630/PAV.2019.14.1.006. (In Russ.)
13. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alyans, 2014, 350 p.
14. Frank L. Leach S.S., Webb R.E., Evaluation of potato clone reaction to *Rhizoctonia solani*, *Plant dis. reporter*, 1976, Vol. 60, No. 11, pp. 910–912.
15. Shaldyaeva E.M., Pilipova Yu.V., *Zashhita i karantin rastenij*, 1999, No. 5, pp. 16–17. (In Russ.)
16. Sorokin O.D., *Primenenie matematicheskih metodov i JeVM v pochvovedenii, agrohimii i zemledelii* (Application of mathematical methods and computers in soil science, agrochemistry and agriculture), Barnaul, 1992, pp. 97. (In Russ.)

УДК 631.417.1+631.417.2(470.57)
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-58-73

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ДМИТРИЕВСКОГО СЕЛЬСКОГО СОВЕТА УФИМСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Р.Р. Мирсаяпов, кандидат сельскохозяйственных наук старший научный сотрудник
И.Г. Асылбаев, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия
E-mail: mirsaj@bk.ru

Ключевые слова: почвенный органический углерод, гумус, почва, секвестрация углерода.

Реферат. *Депонирование углерода в почве является существенной функцией, возникающей при взаимодействии экологических процессов. Человек, своей деятельностью влияя на эти процессы, приводит к дегумусированию или, наоборот, депонированию почвенного углерода. В статье даны материалы анализа литературных источников по тематике карбонового земледелия, а также содержания органического вещества в почвах сельскохозяйственных угодий южной лесостепи Республики Башкортостан в условиях карбонового полигона в Уфимском районе. Целью исследования является анализ запасов углерода в гумусово-аккумулятивном горизонте почв карбонового полигона на землях сельскохозяйственного назначения, находящихся в Дмитриевском сельском совете Уфимского района Республики Башкортостан. Проведен агрохимический анализ накопления органического вещества почвы, определена мощность гумусового горизонта почв данного участка. Запасы углерода в исследуемых почвах определяли согласно методике количественного определения объемов выбросов и поглощений парниковых газов (Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371, Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов). Содержание углерода в органическом веществе почв принимается равным 58 %. Пересчет на запас почвенного углерода производился с учетом плотности сложения почвы. Рассчитана степень насыщенности почв изучаемых участков, в том числе и карбонового полигона, углеродом. Определены запасы органического углерода под отдельными разновидностями почв гумусово-аккумулятивном горизонте – 4616360 т.*

CARBON RESERVES ON THE SOILS OF THE DMITRIEVSKY VILLAGE COUNCIL OF THE UFA DISTRICT OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

R.R. Mirsayapov, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher
I.G. Asylbaev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior Researcher
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia
E-mail: mirsaj@bk.ru

***Keywords*:** soil organic carbon, humus, soil, carbon sequestration.

Abstract. *The research was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation "Program for the creation and operation of a carbon landfill in the Republic of Bashkortostan "Eurasian carbon landfill" for 2022-2023 (Publication number: FEUR-2022-0001). Carbon deposition in the soil is an essential function arising from the interaction of ecological processes. Human activity influencing these processes leads to dehumidification or, conversely, deposition of soil carbon. The article presents the materials of the analysis of literary sources on the subject of carbon farming, as well as the content of organic matter in the soils of agricultural lands of the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan in the conditions of a carbon landfill in the Ufa district (Russian Federation). This study aims to analyse carbon reserves in the humus-accumulative soil horizon of a carbon landfill on agricultural lands in the Dmitrievsky Village Council of the Ufa district of the Republic of Bashkortostan. An agrochemical analysis of the accumulation of soil organic matter was carried out, and the capacity of the humus horizon of the soils of this site was determined. Carbon reserves in the studied soils were determined according to the methodology for quantifying greenhouse gas emissions and uptake [Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 371 dated 05/27/2022, Guidelines for Quantifying the volume of greenhouse gas uptake]. The carbon content in the organic matter of soils is assumed to equal 58%. The conversion to the stock of soil carbon was carried out, considering the density of the soil composition. The degree of saturation of the soils of the studied sites, including the carbon landfill, is*

calculated. The reserves of organic carbon under individual varieties of soils in the humus-accumulative horizon - 4616360 tons were estimated.

Суммарные запасы органического и минерального углерода в почвах России оцениваются в 337 Гт для верхнего метрового слоя. В соответствии с прогнозами изменений климата, гетеротрофное дыхание почв на территории Российской Федерации может увеличиться в среднем на 10–12% и достичь к 2050 г. 3,5 Гт С/год. Изменения климата оказывают неоднозначное воздействие на баланс углерода в почвах: увеличение среднегодовой температуры воздуха может инициировать деградацию органического вещества и приводить к отрицательному балансу, а увеличение среднегодового количества осадков стимулирует повышение запасов органического вещества и соответствует положительному балансу углерода. Предполагается, что общие тенденции изменения климата приведут к суммарно положительному балансу (аккумуляции) углерода в почвах России. Применение более рациональных систем землепользования на сельскохозяйственных землях России имеет значительный потенциал увеличения поглощения углерода. Международные оценки более осторожны: во всем мире методы управления почвенным углеродом вряд ли позволят сбалансировать более 5% годовых глобальных выбросов CO_2 в результате сжигания ископаемого топлива [1].

Ученые считают, что карбоновое земледелие – отличный вариант для России. Сейчас в стране, по разным оценкам, от 40 до 80 млн га сельскохозяйственных земель расположено вдали от крупных городов и в неудобных рельефах, которые не используются для выращивания сельскохозяйственных культур. Если засадить все 80 млн га, ежегодная прибыль на продаже углеродных квот составит десятки миллиардов долларов. Каждый гектар молодого леса поглощает в год 7–8 т CO_2 [2].

Почвы играют ведущую роль в биогеохимическом цикле углерода. Пул почвенного углерода превышает его запасы в биомассе суши и атмосфере. В настоящее время в связи с проблемами глобального изменения климата и обеспечения продовольственной безопасности очень большое внимание уделяется уточнению оценок запасов почвенного органического вещества [3].

Рациональное использование почвы и восстановление деградированных земель может смягчить последствия изменения климата и повысить уровень продовольственной безопасности. Связывание, мониторинг и сохранение углерода в почвах может так же повысить устойчивость к изменению климата,как и «здоровое» количество органического углерода в почве может помочь растительному покрову. Восстановление почв на сельскохозяйственных и деградированных землях может удалить до 51 Гт углерода из атмосферы [4, 5].

Основным источником почвенного углерода является гумус. Содержание его в почвах зависит от применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных культур и от интенсификации производства.

Гумус представляет собой подсистему почвенного органического вещества (ПОВ), сформированную из органических материалов и соединений растительного, животного и микробного происхождения, прошедших гумификационные и негумификационные стадии стабилизации, со временем полного разложения составляющих компонентов более 10 лет [6]. Гумусом следует считать только ту часть ПОВ, которая относится к медленному и пассивному пулам со временем оборачиваемости углерода соответственно 10–100 и более 100 лет в отличие от быстрооборачиваемого активного пула со временем оборачиваемости углерода от нескольких суток и месяцев до 10 лет [7–9].

Перевод атмосферного углекислого газа в живое органическое вещество растений (фотосинтез) с последующей трансформацией формирующейся мортмассы в гумус составляет от 10 до 100 лет. Чтобы считаться секвестрированным, органическое вещество должно не просто поступить в почву, а стабилизироваться, приобретя защищенность от быстрого разложения, но быть способным к медленной минерализации. Углерод со временем полного оборота более 100 лет следует считать депонированным. Наиболее употребляемые способы оценки почвенной секвестрации углерода – это

определение изменений валового содержания $C_{орг}$ в почве или его запасов в слое 0–20 (0–50, 0–100) см за какой-либо период или содержания $C_{орг}$ в гранулометрических фракциях пыли и глины размером менее 0,05 (0,02) мм [10–12].

По утверждению Б.М. Когута и др. [10], депонирование органического углерода в почве – это долговременное запасание $C_{орг}$ преимущественно в виде гумуса с периодом полного разложения (минерализации) составляющих его компонентов более 100 лет в верхнем 0–30º сантиметровом слое почв и/или захоронение неживого органического вещества в почвенном профиле на глубине более 50 см. Если почвенная секвестрация углерода обязательно предусматривает удаление CO_2 из атмосферы за счет получения новой биомассы, то депонирование направлено на сохранение $C_{орг}$ в почве и предотвращение относительно быстрого его возврата из почвы в атмосферу в ходе минерализации.

Запасы углерода в почвах в зависимости от целей исследования рассчитывают для слоев различной мощности. Для обобщенных оценок обычно выбирают метровую толщу, поскольку в большинстве почв в ней сосредоточены основные запасы органического углерода и она является зоной, активно участвующей в современном биологическом круговороте элементов. При агрохимических обследованиях и мониторинге земель сельскохозяйственного назначения в большинстве случаев ограничиваются пахотным слоем почвы мощностью 20–30 см. Слой 0–30 см предложен в качестве целевого при реализации проекта ФАО ООН Всемирная карта запасов органического углерода в почве (GSOC – 17) [13]. Расчеты для слоя почвы 0–50 см часто используются в региональных оценках и исследованиях динамики запасов углерода при смене характера землепользования. Нами в качестве расчетного была выбрана мощность гумусово-аккумулятивного горизонта, так как здесь и происходит депонирование углерода.

Точность региональных оценок запасов почвенного углерода зависит от способа расчета плотности почв. Об этом свидетельствуют результаты специально проведенного исследования на примере почв Китая. Были выявлены различия в величинах запасов почвенного углерода, полученных на основе одного массива данных, включающего характеристики 1007 профилей почв Китая, но с использованием шести способов определения недостающих значений плотности почв [14]. Подбор педотрансферных функций, позволяющих с наименьшей ошибкой определить плотность почв конкретных регионов, является важной задачей [15–18].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на землях сельскохозяйственного назначения Дмитриевского сельского совета муниципального образования Уфимский район. Дмитриевский сельский совет относится к южной лесостепной зоне и расположен в западной платформенной области Башкортостана и большей частью относится к морфоструктуре под названием Камско-Бельское понижение.Северо-западная окраина южной лесостепной зоны входит в Бугульминско-Белебеевскую возвышенность – одну из морфоструктур указанной геологической области. Платформенная часть относится к восточной окраине Русской платформы, в пределах которой осадочные породы мощностью 1600–2500 м лежат сравнительно спокойно на жестком фундаменте из кристаллических пород архея и протерозоя. В узкой полосе, примыкающей к Уральским горам, фундамент опущен [19].

Камско-Бельская равнина занимает наибольшую часть территории западной платформенной области Башкирии и протягивается полосой между Белебеевской возвышенностью, Общим Сыртом и Южно-Уральским хребтом. Равнина возникла за счет прогиба земной коры в неогене. Абсолютные отметки колеблются от 60–80 м в долинах рек до 120–130 м в среднем течении р. Белой, достигая 200–240 м на водораздельных элементах рельефа. Равнина сложена верхнепермскими песчаниками, глинами, мергелями и известняками, перекрытыми четвертичными отложениями.

Границами южной лесостепной зоны Башкирии служат: на востоке – предгорные районы правобережья р. Белой, на юге и юго-западе – р. Белая, на западе – долина р. Белой и прилегающая к ней левобережная водораздельная равнина, на северо-западе – часть границы Татарстана, на севере и северо-востоке – р. Белая

в ее нижем течении. Общая площадь южной лесостепной зоны 26,5 тыс. м^2, или 18% всей территории республики.

По природным условиям южная лесостепь подразделяется на три агропочвенных района: левобережный прибельский, правобережный предгорный и приикский увалистый.

В левобережном прибельском районе рельеф волнисто-увалистый с широкими водоразделами. Степень расчленения 0,5–1,5 км, глубина местных базисов эрозии 25–125 м, средние уклоны 1–3°, часто встречаются овраги.

В левобережном прибельском районе годовое количество осадков колеблется от 350 до 500 мм. Однако их количество постоянно изменяется как по годам, так и по периодам года. Больше всего осадков выпадает в июле и в августе. Устойчивый снежный покров устанавливается в среднем в середине ноября и сходит во второй половине апреля. Наибольшей высоты снежный покров достигает в феврале – начале марта. Высота снежного покрова в этот период составляет 42–50 см с колебаниями в отдельные годы от 14 до 80 см.

Обычно в южной лесостепи весна довольно дружная и быстротечная, средняя продолжительность ее 53 дня. От начала интенсивного снеготаяния (от момента установления средней суточной температуры воздуха выше 0°С) до разрушения устойчивого снежного покрова проходит в среднем 10 дней.

Глубина зимнего промерзания почвы в Южной лесостепи Башкирии – в среднем 70–90 см с колебаниями в отдельные годы от 30 до 150 см.

Среднегодовая температура воздуха – 2,5°С.

Среднемноголетняя продолжительность безморозного периода – 107–128 дней с колебаниями от 100 до 145. Сумма положительных температур за период с температурой выше 15°С – 1531–1689°С, гидротермический коэффициент – 1,0–1,2 [20].

Растительный покров Южной лесостепной зоны Республики Башкортостан разнообразен. В недавнем прошлом преобладающим растительным покровом были леса, площадь которых к настоящему времени значительно сокращена. Сохранившиеся леса претерпели серьезные изменения. В левобережье р. Белой встречаются в основном дубовые леса с примесью березы, липы, ильма, клена и вяза, более увлажненные места заняты осиной и реже березой. В подлеске часто встречаются орешник, крушина, бересклет, вишня и др.

Травянистая растительность на безлесных пространствах лесостепи была представлена луговым разнотравьем, но в настоящее время сохранилась лишь отдельными островками, так как основные массивы давно распаханы. В основном сохранились типчаково-ковыльные степные группировки. Сорно-полевая растительность отличается большим разнообразием. Наиболее распространенными в лесостепной зоне являются: вьюнок полевой, осот розовый, осот полевой, пырей ползучий, хвощ полевой, пастушья сумка, василек синий, овсюг обыкновенный, марь белая, щирица запрокинутая, куриное просо, щетинник зеленый, конопля, чертополох курчавый и др.

Южная лесостепь Башкирии в настоящее время представляет освоенную в сельскохозяйственном отношении территорию, поэтому большую роль в защите почвы от эрозии играют возделываемые сельскохозяйственные культуры.

Обследование территории состояло из четырёх этапов:

– первый этап, подготовительный: собраны и оцифрованы материалы 1972 г. обследования, в программе MapInfo составлен макет оцифрованной почвенной карты, на котором отмечена примерная сеть маршрутов движения;

– второй этап, полевой: заложены почвенные разрезы и отмечены GPS-координатами навигатором GarminMontana 680, уточнены границы эродированных земель согласно Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. Проведена также топографическая съемка обследуемой территории в масштабе 1:25000. Почвенные карты составлялись с помощью программ MapInfo, ArcGIS 10.4.1 и иллюстратора AdobeIllustrator CS5;

– третий этап, лабораторно-аналитический: проведён агрохимический анализ на содержание органического вещества в почвах методом Тюрина (ГОСТ 26213-91). Образцы почв отбирали по основным генетическим горизонтам почвенного профиля после закладки почвенного разреза, включающим гумусово-аккумулятив-

ный горизонт (А), иллювиальный (В) и почвообразующую породу (С). Плотность сложения почвы по генетическим горизонтам определяли методом Качинского цилиндрами объемом 100 см^3. При отборе почвенных образцов учитывали закономерности формирования почвенного покрова в ландшафтах. Генетические горизонты выделяли визуально. Масса пробы почв составила 0,2–0,3 кг;

– четвёртый этап, камеральный: уточнены наименования почвенных разновидностей согласно Классификации и диагностике почв СССР (1977), подсчитаны площади земель сельскохозяйственного назначения. Полученные результаты обработаны с помощью программных продуктов MicrosoftOfficeExcel 2003 и Statistica 10.0.

Лабораторные исследования проведены лабораторией ФГБУ «Центр агрохимической службы “Башкирский”». Виды анализов и методика их выполнения приняты согласно Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. Содержание органического вещества определяли по ГОСТ 26213-91.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Было обследовано12486,8 га сельскохозяйственных земель Дмитриевского сельсовета Уфимского района. В почвенном покрове на землях сельскохозяйственного назначения в границах СП Дмитриевский сельский совет при корректировке почвенных карт выделено 7 типов (серые лесные, черноземы, лугово-черноземные, луговые, лугово-болотные, торфяные и почвы овражно-балочного комплекса), 9 подтипов, 22 разновидности почв.

Был заложен дополнительный почвенный разрез на карбоновом полигоне –опытном поле Учебно-научного центра ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. Ниже приведено его описание (табл. 1). Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднемощный на делювиальных карбонатных суглинках.

В табл.2 представлена экспликация почвенных разновидностей СП Дмитриевский сельсовет.

Таблица 1

Морфологические признаки чернозема выщелоченного
Morphological characteristics of leached chernozem

Горизонт	Глубина залегания, см	Характеристика
$A_{пах}$	0–12	Темно-серый, свежий, среднесуглинистый, комковато-пылеватый, рыхлое сложение, единичные мелкие корни, переход в следующий горизонт постепенный
A_1	12–38	Темно-серый, свежий, тяжелосуглинистый, структура зернисто-комковатая рассыпчатая, уплотненный, мелкие корни растений, кротовины, переход постепенный
A_1B	38–55	Темно-серый с буроватым оттенком, свежий, тяжелосуглинистый, структура комковато-ореховатая, уплотненный ближе к плотному, мелкие корни, кротовины, переход заметный
B	55–69	Бурый, плотный, свежий, тяжелосуглинистый, структура непрочнокомковато-ореховатая, заметны гумусовые затеки, единичные корни растений, переход постепенный
BC	69–98	Светло-бурый, свежий, тяжелосуглинистый, плотный, структура ореховато-призмовидная, переход постепенный. Вскипание от HCl на глубине 88 см слабое и сильное на глубине 96 см
C	98 и ниже	Светло-бурый, свежий, призмовидная структура, тяжелосуглинистый

Таблица 2

Экспликация почвенных разновидностей СП Дмитриевский сельсовет
Explication of soil varieties SP Dmitrievsky village council

Номер почвенной разности	Название почвы	Гранулометрический состав	Почвообразующие и подстилающие породы	Площадь, га
1	2	3	4	5
1	Темно-серая лесная	Легкоглинистый	Элювий, делювий бескарбонатных глин, суглинков	517,19
2	Темно-серая лесная слабосмытая	Легкоглинистый	Элювий, делювий бескарбонатных глин, суглинков	449,42
3	Темно-серая лесная глубоко-глеенная	Легкоглинистый	Древнеаллювиальные глины, суглинки	175,04
4	Чернозем слабовыщелоченный тучный мощный	Легкоглинистый	Элювий, делювий карбонатных глин, суглинков	58,26
5	Чернозем слабовыщелоченный тучный среднемощный	Тяжелосуглинистый	Элювий, делювий карбонатных глин, суглинков	671,41
6	Чернозем слабовыщелоченный среднемощный среднегумусный	Тяжелосуглинистый	Элювий, делювий карбонатных глин, суглинков	1910,81
7	Чернозем слабовыщелоченный среднегумусный слабосмытый	Легкоглинистый	Элювий, делювий карбонатных глин, суглинков	568,49
8	Чернозем слабовыщелоченный среднемощный среднегумусный слабосмытый	Тяжелосуглинистый	Элювий, делювий карбонатных глин, суглинков	341,23
9	Чернозем слабовыщелоченный маломощный среднегумусный слабосмытый	Тяжелосуглинистый	Элювиально-делювиальные карбонатные суглинки	170,32
10	Чернозем типичный карбонатный маломощный среднегумусный	Тяжелосуглинистый	Элювий известняков, карбонатных суглинков	125,33
11	Чернозем типичный маломощный среднегумусный слабосмытый	Тяжелосуглинистый	Элювий известняков, карбонатных суглинков	201,36
12	Чернозем типичный среднемощный среднегумусный	Тяжелосуглинистый	Делювий карбонатных суглинков	1384,94
13	Лугово-черноземная слабовыщелоченная среднемощная среднегумусная	Легкоглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных глин, суглинков	2338,65
14	Лугово-черноземная типичная среднемощная среднегумусная	Легкоглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных глин	727,37
15	Влажно-луговая выщелоченная среднемощная среднегумусная	Тяжелосуглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных глин	93,27

Окончание табл.2

1	2	3	4	5
16	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная слабозасоленная сульфатная солончаковая	Легкоглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных гипсоносных глин	1040,45
17	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная среднезасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	Легкоглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных гипсоносных глин, суглинков с некоторым содержанием хлоридов	138,76
18	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная сильнозасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	Легкоглинистый	Элювий древнеаллювиальных карбонатных гипсоносных глин, суглинков с некоторым содержанием хлоридов	61,08
19	Лугово-болотная карбонатная слабозасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	Легкоглинистый	Плотные, пластичные древнеаллювиальные глины, суглинки	200,59
20	Торфянисто-глеевая		Озерно-болотные отложения	1191,39
21	Торфяные		Озерно-болотные отложения	74,28
22	Овражно-балочные дерновые намытые		Делювиальные отложения	43,91
23	Карьер			3,25
Итого				12486,8

В районе исследований наибольшие территории заняты черноземными почвами – 5432,15 га, в т.ч. выщелоченные – 3720,52, типичные – 1711,63 га. На долю аллювиальных луговых почв приходится 2060,93 га земель. Серые лесные почвы представлены подтипом темно-серых лесных почв, которые занимают 1141,65 га. В градацию не вошли почвы овражно-балочные дерновые намытые и карьеры, которые занимают 47,16 га территории.

Одним из важных показателей почв, особенно используемых в сельскохозяйственном производстве, является гумусное состояние. По содержанию гумуса изучаемые почвы в большинстве среднегумусные, среднемощные (рис. 1, 2).

Органическое вещество является ключевым компонентом почвы, влияющим на ее физические, химические и биологические свойства, способствуя ее нормальному функционированию. Выгоды от большего содержания почвенного органического вещества включают улучшение качества почвы за счет увеличения удержания воды и питательных веществ, что приводит к большей продуктивности растений в естественной среде и в условиях культуры. Рациональное управление почвенным органическим углеродом и проблема деградации почвенного плодородия в последнее время становится все более актуальными.

Органическое вещество почв в определенной степени оказывает влияние на глобальные циклы углерода и климатические флуктуации, связанные с парниковым эффектом, и играет первостепенную роль в простом и расширенном воспроизводстве плодородия почв. Рассчитать приблизительную ежегодную скорость почвенной секвестрации углерода особой сложности не представляет. Однако теоретические расчеты не могут дать актуальную и достоверную информацию о движении почвенного углерода. Для того чтобы иметь достоверную информацию, необходимо провести практические расчеты на типичных почвенных разновид-

ностях применительно к конкретным зонам сельскохозяйственного районирования.

Исходя из этого нами был рассчитан запас углерода почв Дмитриевского сельского совета Уфимского района. Обследуемые участки сельскохозяйственных угодий имели неоднородный почвенный покров. В основном изучаемые участки – пахотные угодья, сенокосы и пастбища. Присутствовали участки пашни, занятые молодой порослью деревьев. В целом мощность гумусового горизонта черноземных почв в зависимости от подтипа и уровня эродированности составила от 25 до 82 см. Мощность гумусового горизонта серых лесных почв колебалась от 35 до 41 см. Аллювиальные луговые почвы имеют мощность от 48 до 75 см. Агрохимическая характеристика почв представлена в табл. 3.

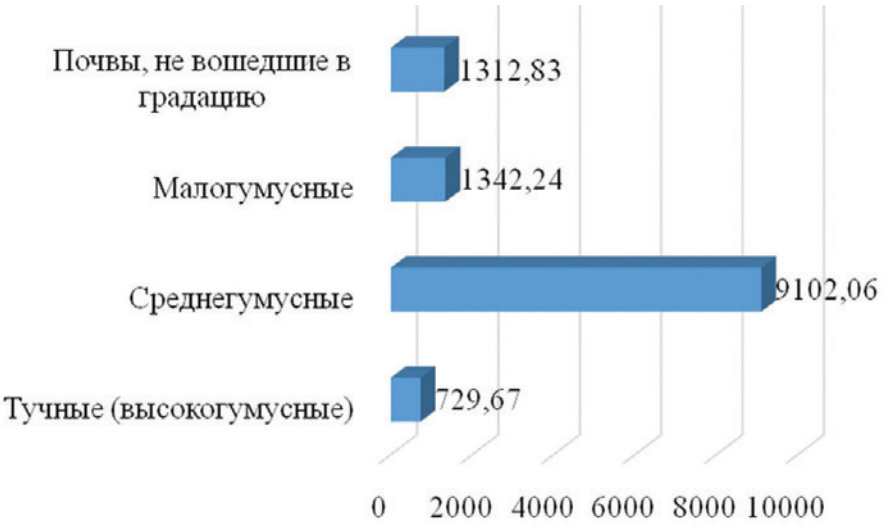


Рис. 1. Площади почв СП Дмитриевский сельсовет по содержанию гумуса
Soil areas of the joint venture Dmitrievsky Village Council for humus content

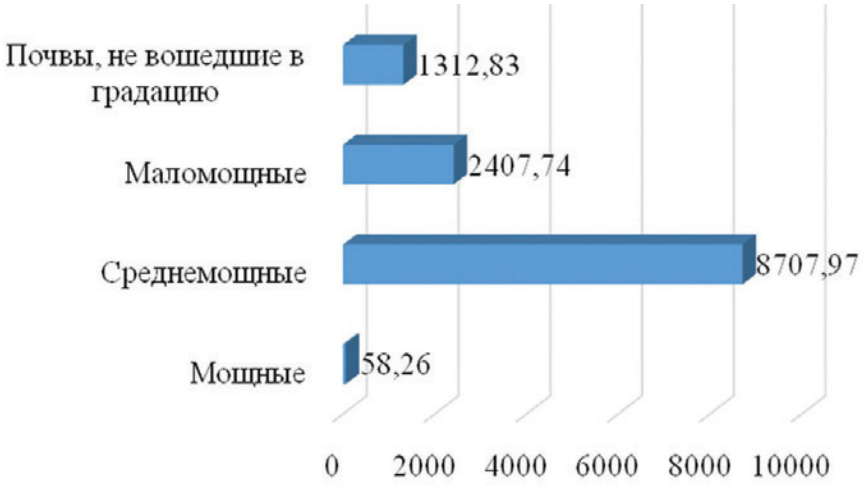


*Рис. 2.*Площади почв СП Дмитриевский сельсоветпо мощности гумусового горизонта
Soil area of the joint venture Dmitrievsky village council according to the thickness of the humus horizon

Таблица 3

Агрохимическая характеристика почв
Agrochemical characteristics of soils

Подтипы почв	Агрохимические показатели
Темно-серые лесные	Содержание гумуса 7,0–7,7 %; реакция почвенной среды нейтральная – 6,5; содержание подвижного фосфора колеблется от 82,0 до 155, обменного калия – 90 до 100 мг/кг
Черноземы выщелоченные	Содержание гумуса в зависимости от видового признака колеблется от 6,0 до 8,8%; реакция почвенной среды близка к нейтральной и нейтральная, pH 5,6–7,0; содержание элементов питания: подвижного фосфора – 51–160, обменного калия – 90–110 мг/кг
Черноземы типичные	Содержание гумуса в зависимости от видового признака колеблется от 8,4 до 9%; реакция почвенной среды нейтральная, pH 6,5–6,8; содержание элементов питания: подвижного фосфора – 45, обменного калия – 210 мг/кг
Лугово-черноземные	Содержание гумуса в зависимости от видового признака колеблется от 6,6 до 9%; реакция почвенной среды изменяется – у выщелоченных нейтральная, pH 6,5–6,6, у типичных pH 6,8; содержание элементов питания: подвижного фосфора – 43-83, обменного калия – 70–110 мг/кг
Влажно-луговые	Содержание гумуса 6,6–7,5%; реакция почвенной среды нейтральная, pH 6,4–6,5; содержание элементов питания: подвижного фосфора – 44–120, обменного калия – 150–170 мг/кг
Лугово-болотные	Содержание гумуса 8,5%; pH нейтральная – 6,5;содержание элементов питания: подвижного фосфора – 210, обменного калия – 110 мг/кг
Торфянисто-глеевые	Содержание гумуса 19,5%; pH 6,7 – нейтральная; содержание элементов питания: подвижного фосфора –130, обменного калия –360 мг/кг
Торфяные	Содержание гумуса – 19%; реакция почвенной среды нейтральная – pH 6,25; содержание обменного калия 220 мг/кг
Овраги	Показатели не определялись

По мнению многих исследователей, основной целью климатической стратегии является снижение выбросов парниковых газов и увеличение накопления углерода, которое достигается за счет восстановления биосферы планеты, где важнейшим компонентом являются почвы. Почва – глобальный самоочищающийся и самовосстанавливающийся естественный биосферный фильтр, от его работы зависят темпы поступления и миграции химических соединений в атмосферу и гидросферу. Почва – это наше национальное достояние, залог благополучия поколений [20].

Запасы углерода в исследуемых почвах определяли по формуле

$$С_{почва} = Орг\% \cdot Н \cdot Об.\ масса \cdot 58 / 100,$$

где $С_{почва}$ – запас углерода в пуле почвы, т С/га;

Орг% – содержание органического вещества в смешанном почвенном образце, %;

Н – глубина отбора проб почвы, мощность горизонта, см;

Об. масса – объемная масса почвы, г/см^3;

58/100 – коэффициент для перевода в единицы углерода.

Согласно методике количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов (Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371, Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов: утв. распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р) содержание углерода в органическом веществе почв принимается равным 58 %.

Пересчет на запас углерода почвы производился с учетом объемной массы почвы (г/см^3).

Таблица 4

Содержание углерода по разновидностям почв Дмитриевского сельского совета Уфимского района
Carbon content by soil types of Dmitrievsky village council of Ufa region

№ п/п	Название почвы	Глубина взятия образца, см	Плотность сложения, г/см^3	Гумус, %	Площадь, га	Запасы углерода			
						по горизонтам, т/га	в гумусово-аккумулятивном горизонте, т/га	по горизонтам, т	в гумусово-аккумулятивном горизонте, т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Темно–серая лесная	0–24	1,08	7,0	517,19	105,23	189,68	54426,59	98102,25
		24–40	1,30	7,0		84,45		43675,66	
2	Темно–серая лесная слабосмытая	0–25	1,20	5,6	449,42	97,44	115,76	43791,48	52025,85
		26–35	1,30	2,7		18,32		8234,363	
3	Темно–серая лесная глубоко оглеенная	0–24	1,22	6,9	175,04	117,18	196,57	20510,94	34407,84
		24–41	1,32	6,1		79,39		13896,90	
4	Чернозем слабовыщелоченный тучный мощный	0–24	1,15	9,2	58,26	147,27	365,63	8580,16	21301,45
		24-43	1,16	8,8		112,49		6553,79	
		43–82	1,20	3,9		105,86		6167,49	
5	Чернозем слабовыщелоченный тучный среднемощный	0–20	1,10	9,1	671,41	116,12	223,37	77961,44	149974,90
		20–41	1,19	7,4		107,26		72013,48	
6	Чернозем слабовыщелоченный среднемощный среднегумусный	0–20	1,10	7,5	1910,81	95,70	212,28	182864,50	405626,70
		20–45	1,20	6,7		116,58		222762,20	
7	Чернозем слабовыщелоченный среднегумусный слабосмытый	0–20	1,10	8,1	568,49	103,36	154,55	58756,85	87859,63
		20–31	1,18	6,8		51,19		29102,78	
8	Чернозем слабовыщелоченный среднемощный среднегумусный слабосмытый	0–23	1,00	7,1	341,23	94,71	200,80	32319,26	68517,62
		23–48	1,18	6,2		106,08		36198,36	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Чернозем слабовыщелоченный маломощный среднегумусный слабосмытый	0–18	0,98	6,7	170,32	68,55	142,56	11675,27	24280,32
		18–38	1,16	5,5		74,01		12605,04	
10	Чернозем типичный карбонатный маломощный среднегумусный	0–25	1,20	7,6	125,33	132,24	132,24	16573,64	16573,64
11	Чернозем типичный маломощный среднегумусный слабосмытый	0–24	1,12	6,5	201,36	101,38	155,56	20405,34	31324,62
		24–37	1,24	5,8		54,28		10919,29	
12	Чернозем типичный среднемощный среднегумусный	0–22	1,08	8,4	1384,94	115,76	241,54	160318,90	334515,00
		22–39	1,20	8,4		99,39		137647,50	
		39–46	1,25	5,2		26,39		36548,57	
13	Лугово-черноземная слабовыщелоченная среднемощная среднегумусная	0–39	1,15	7,8	2338,65	202,90	258,09	474515,40	603592,00
		39–51	1,30	6,1		55,19		129076,60	
14	Лугово-черноземная типичная среднемощная среднегумусная	0–18	1,15	7,8	727,37	93,65	232,96	68115,87	169450,20
		18–38	1,2	7,3		101,62		73912,43	
		38–48	1,30	5,0		37,70		27421,85	
15	Влажно-луговая выщелоченная средне-мощная среднегумусная	0–28	1,05	2,8	93,27	47,75	87,97	4453,23	8205,37
		28–44	1,20	1,5		16,70		1557,98	
		44–70	1,30	1,2		23,52		2194,16	
16	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная слабозасоленная сульфатная солончаковая	3 –42	1,02	6,6	1040,45	163,99	201,49	170625	209638,70
		42– 60	1,20	2,0		25,06		26069,52	
		60–75	1,30	1,1		12,44		12944,24	
17	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная среднезасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	4 –36	1,05	7,6	138,76	166,62	234,25	23120,52	32504,59
		36 –51	1,20	3,3		34,45		4780,56	
		51 –73	1,30	2		33,18		4603,50	

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Влажно-луговая карбонатная среднемощная среднегумусная сильнозасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	3 –23	1,05	7,5	61,08	105,05	125,72	6416,61	7679,20
		23 –50	1,20	1,1		20,67		1262,60	
19	Лугово-болотная карбонатная слабозасоленная хлоридно-сульфатная солончаковая	0–21	0,81	8,5	200,59	83,86	175,69	16821,34	35241,22
		21–60	1,01	3,5		79,96		16039,52	
		60–75	1,24	1,1		11,87		2380,36	
20	Торфянисто-глеевая	2 –12	0,41	19,5	1191,39	55,64	235,44	66295,13	280507,10
		12 –27	0,8	15,2		105,79		126039,50	
		27 –56	1,10	4		74,01		88172,39	
21	Торфяные	0–25	0,23	19	74,28	63,36	142,24	4706,75	10565,96
		25–50	0,20	22		63,80		4739,06	
		50–75	0,16	6,5		15,08		1120,14	
22	Овражно-балочные дерновые намытые				43,91				
23	Карьер				3,25				
	И т о г о				12486,8			2681894	2681894

О преимуществе данного метода расчета углерода почвы говорится в работах некоторых авторов. Дж. Форафельнер и др. [21] отмечают, что это доступный и очень полезный инструмент вычисления запаса углерода на основе концентрации органического вещества почвы и плотности сложения. Это особенно полезно при проведении метаанализа. Поскольку в оригинальных статьях наблюдения SOC часто представлены для нескольких подслоев, но не для полного почвенного профиля, метааналитики, как правило, извлекают все доступные наблюдения за исследование, что приводит к независимости размеров эффекта. С помощью этого инструмента можно «объединить» результаты всех слоев в один, независимый размер эффекта [21].

Запасы углерода по разновидностям почв приведены в табл. 4.

Почвенный органический углерод (углерод, содержащийся в почвенном органическом веществе) имеет решающее значение для здоровья почвы, плодородия и экосистемных услуг, в том числе производства пищевых продуктов. Его сохранение и восстановление имеет важное значение для устойчивого развития.

Содержание органического вещества в значительной степени зависит от характера и способа землепользования. Оно возрастает в почвах, занятых многолетними старовозрастными травами, независимо от подтипа почв. При возрастании степени смытости наблюдается уменьшение содержания углерода в почвах до минимального в сильносмытых почвах. Черноземные почвы в целом содержат больше углерода, чем серые лесные и аллювиальные почвы.

Следует отметить, что деградация почв очень сильно влияет на содержание органического вещества. Так, например, черноземы выщелоченные мощные аккумулируют его в гумусово-аккумулятивном горизонте 366 т/га, а черноземы выщелоченные маломощные – 143 т/га (рис. 3).

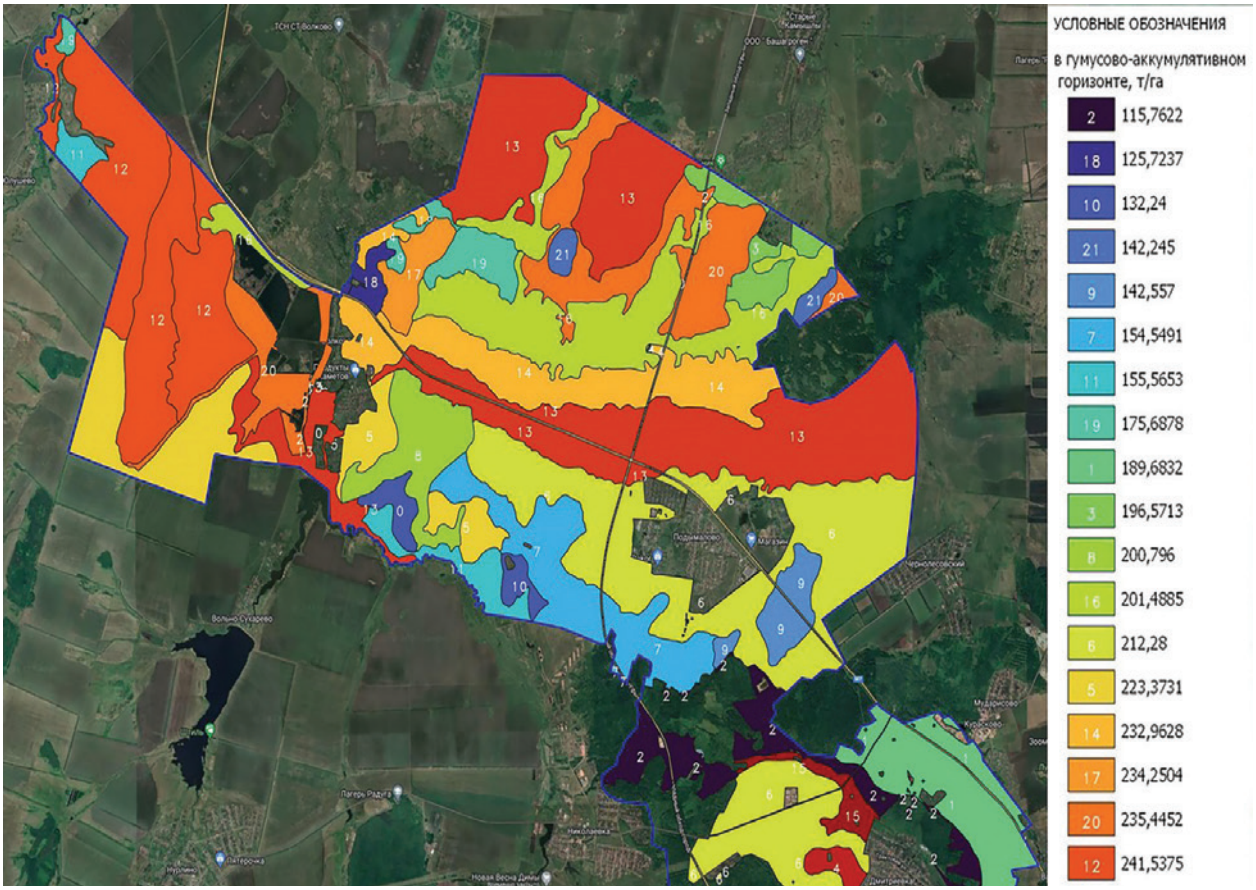


Рис. 3. Запасы углерода по почвенным разновидностям СП Дмитриевский сельсовет
Carbon stocks by soil varieties SP Dmitrievsky village council

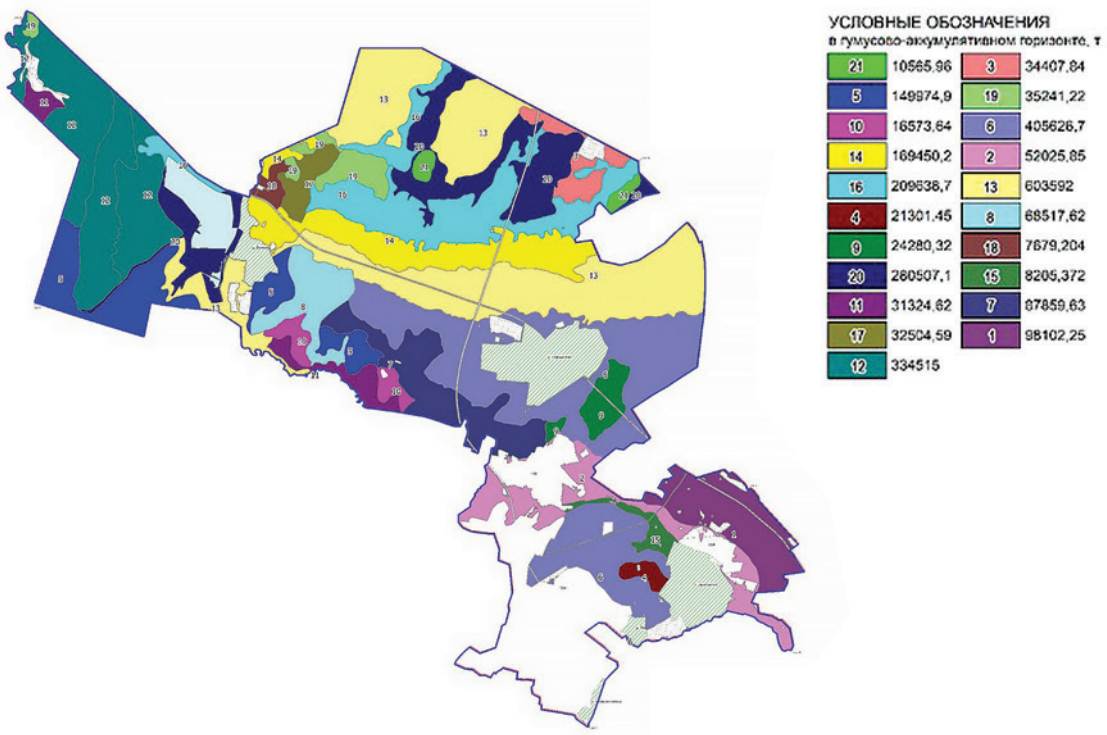


Рис. 4. Запасы углерода в гумусово-аккумулятивном горизонте почв СП Дмитриевский сельсовет, т.
Carbon reserves in the humus-accumulative horizon of soils of the joint venture Dmitrievsky village council, t

На рис. 4 показано, что самый большой вклад в запасы органического углерода вносят черноземные почвы.

ВЫВОДЫ

1. Преобладающим типом почв в Дмитриевском сельсовете Уфимского района являются черноземные почвы выщелоченного и типичного подтипов, сформированные в основном на делювиальных карбонатных суглинках.Запасы углерода в черноземных почвах на площади 5432,15 га составили 1965472 т, или 362 т на 1 га сельскохозяйственных угодий; в аллювиальных луговых и лугово-черноземных почвах – 790196,1 т на площади 4600,2 га, или 172 т/га; в подтипе темно-серых лесных почв – 318165,4 т на площади 1141,65 га, или 279 т/га.

2. Рассчитаны общие запасы органического углерода с учетом площадей, занимаемых отдельными разновидностями почв. Общий запас органического углерода в гумусово-аккумулятивном горизонте исследованного участка составляет 4616360 т.

3. Проведенное почвенное обследование дало пространственную информацию о состоянии земель сельскохозяйственного назначения, полученные материалы послужили основой для создания, оцифровки и корректировки почвенных карт. Оцифрованные карты с учетом современного состояния плодородия почв позволяют разработать проекты межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства организаций агропромышленного комплекса, провести кадастровую оценку сельскохозяйственных земель, определить налог в соответствии с плодородием почвы и разработать мероприятия по повышению их плодородия.

Исследования проведены в рамках государственного задания Минобрнауки РФ «Программа создания и функционирования карбонового полигона на территории Республики Башкортостан «Евразийский карбоновый полигон» на 2022-2023 годы (Номер для публикаций: FEUR-2022-0001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Третий* оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. – 124 с.
2. *Битва* за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / А.Ю. Иванов, Н.Д. Дурманов, М.П. Орлов [и др.]. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 120 с.
3. *Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А.* Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе // Почвоведение. – 2020. – № 3. – С. 340–350.
4. *Asylbaev I.G., Gabbasova I.M., Khabirov I.K.* Bioaccumulation of Chemical Elements by Old-aged Pine Trees in the Southern Urals // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – T. 13, N S11, – P. 8746–8751.
5. *Почва* – крупнейшее хранилище углерода // Ресурсосберегающее земледелие. – 2021. – № 3 (51). – С. 30–34.
6. *Когут Б.М., Семенов В.М.* Количественный подход к формулировке понятия «гумус» пахотных почв // Сб. докл. III Всерос. открытой конф. «Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов». – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2019. – С. 165–169.
7. *Семенов В.М., Когут Б.М.* Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
8. *Влияние* агробиотехнологий на запасы и состав органического вещества чернозема типичного слабоэродированного / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 10. – С. 45–50.
9. *The knowns*, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon / U. Stockmann, M. Adams, J. Crawford [et al.] // Agricult. Ecosyst. Environ. – 2013. – Vol. 164. –P. 80–99.
10. *Дегумусирование* и почвенная секвестрация углерода / Б.М. Когут, В.М. Семенов, З.С. Артемьева [и др.] // Агрохимия. – 2021. – № 5. – С. 3–13.
11. *Когут Б.М., Семенов В.М.* Оценка насыщенности почвы органическим углеродом // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 102. – С. 103–124.
12. *Пути* снижения выброса в атмосферу диоксида углерода на производственных процессах в растениеводстве / Р.Н. Хафизов, Ф.Х. Халиуллин, К.А. Хафизов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 3 (63). – С. 38–42.
13. *Soil* Organic Carbon: the hidden potential // Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. Italy. – FAO, 2017. – 77 p.
14. *Xu L., He N., Yu G.* Methods of evaluating soil bulk density: Impact on estimating large scale soil organic carbon storage // Catena. – 2016. – Vol. 144. – P. 94–101.
15. *Pedotransfer* functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil / V.M. Benites, P.L.O.A. Machado, E.C.C. Fidalgo [et al.] // Geoderma. – 2007. – Vol. 139, N 1–2. – P. 90–97.
16. *How* accurate are pedotransfer functions for bulk density for Brazilian soils? / R.S. Boschi, F. Bocca, M. Lopes-Assad, E.D. Assad // Sci. Agric. – 2018. – Vol. 75, N 1. – P. 70–78.
17. *Hollis J.M., Hannam J., Bellamy P.H.* Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in European soils // Eur. J. Soil Sci. – 2012. – Vol. 63. – P. 96–109.
18. *A pedotransfer* function for estimating bulk density of forest soil in Japan affected by volcanic ash / K. Nanko, S. Ugawa, S. Hashimoto [et al.] // Geoderma. – 2014. – Vol. 213. – P. 36–45.
19. *Кадильников И.П., Тайчинов С.Н.* Почвы Башкирии. Т. 1.: Генезис, классификация, география, физические и химические свойства. – Уфа: АН БФАН СССР, 1973. – 459 с.
20. *Почвы* Башкортостана. Т. 2: Воспроизводство плодородия: зонально-экологические аспекты / Ф.Х. Хазиев, Г.А.Кольцова, Р.Я. Рамазанов [и др.]. – Уфа: Гилем, 1997. – 328 с.
21. *Quality* assessment of meta-analyses on soil organic carbon / J. Fohrafellner, S. Zechmeister-Boltenstern, R. Murugan, E Valkama // SOIL. – 2023. – Vol. 9. – P. 117–140. – https://doi.org/10.5194/soil-9-117-2023.

REFERENCES

1. *Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume* (Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary), Sankt-Peterburg: Naukoemkietekh-nologii, 2022, 124 p.

2. Ivanov A.Yu., Durmanov N.D., Orlov M.P. [i dr.], *Bitva za klimat: karbonovoe zemledelie kak Stavka Rossii: ekspertnyi doklad*, Moscow: Izd. Dom Vysshei shkoly ekonomiki, 2021, 120 p. (In Russ.)
3. Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A., *Pochvovedenie*, 2020, No. 3, pp. 340–350. (In Russ.)
4. Asylbaev I.G., Gabbasova I.M., Khabirov I.K., Bioaccumulation of Chemical Elements by Old-aged Pine Trees in the Southern Urals, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, T. 13, No. S11, pp. 8746–8751.
5. *Resursosberegayushchee zem-ledelie*, 2021, No. 3 (51), pp. 30–34, URL: https://agriecomission.com/. (In Russ.)
6. Kogut B.M., Semenov V.M., *Sovre-mennye problem izucheniya pochvennykh I zemel'nykh resursov* (Modern problems of studying soil and land resources), Moscow: Pochv. in. im. V.V. Dokuchaeva, 2019, pp. 165–169. (In Russ.)
7. Semenov V.M., Kogut B.M., *Pochvennoe organicheskoe veshchestvo* (Soil organic matter), Moscow: GEOS, 2015, 233 p.
8. Masyutenko N.P., Kuz-netsov A.V., Masyutenko M.N. [i dr.], *Dostizheniya nauki I tekhniki APK*, 2021, T. 35, No. 10, pp. 45–50. (In Russ.)
9. Stockmann U., Adams M., Crawford J. [et al.], The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil or-ganic carbon, *Agricult. Ecosyst. Environ.*, 2013, Vol. 164, pp. 80–99.
10. Kogut B.M., Semenov V.M., Artem'eva Z.S. [i dr.], *Agrokhimiya*, 2021, No. 5, pp. 3–13. (In Russ.)
11. Kogut B.M., Semenov V.M., *Byulleten' Pochvennogoinstitutaim. V.V. Dokuchaeva*, 2020, Vyp. 102, pp. 103–124. (In Russ.)
12. Khafizov R.N., Khaliullin F.Kh., Khafizov K.A. [i dr.], *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, T. 16, No. 3 (63), pp. 38–42. (In Russ.)
13. Soil Organic Carbon: the hidden potential, *Food and Agriculture Organi-zation of the United Nations Rome*. Italy, FAO, 2017, 77 p.
14. Xu L., He N., Yu G., Methods of evaluating soil bulk density: Impact on es-timating large scale soil organic carbon storage, *Catena*, 2016, Vol. 144, pp. 94–101.
15. Benites V.M., Machado P.L.O.A., Fidalgo E.C.C. [et al.], Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil, *Geoderma*, 2007, Vol. 139, No. 1–2, pp. 90–97.
16. Boschi R.S., Bocca F., Lopes-Assad M., Assad E.D., How accurate are pedotransfer functions for bulk density for Brazilian soils? *Sci. Agric*, 2018, Vol. 75, No. 1, pp. 70–78.
17. Hollis J.M., Hannam J., Bellamy P.H., Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in European soils, *Eur. J. Soil Sci.*, 2012, Vol. 63, pp. 96–109.
18. Nanko K., Ugawa S., Hashimoto S. [et al.], A pedotransfer function for estimating bulk density of forest soil in Japan affected by volcanic ash, *Geoderma*, 2014, Vol. 213, pp. 36–45.
19. Kadil'nikov I.P., Taichinov S.N., *Pochvy Bashkirii. T. 1.: Genezis, klassifikatsiya, geografiya, fiziche-skie-ikhimicheskiesvoistva* (Soils of Bashkiria. T. 1.: Genesis, classification, geography, physical and chemical properties), Ufa: AN BFAN SSSR, 1973, 459 p.
20. Khaziev F.Kh., Kol'tsova G.A., Ramazanov R.Ya. [i dr.], *Pochvy Bashkortostana. T. 2: Vosproizvodstvo plodorodiya: zonal'no-ekologicheskie aspekty* (Soils of Bashkortostan. T. 2: Reproduction of fertility: zonal-ecological aspects), Ufa: Gilem, 1997, 328 p.
21. Fohra-fellner J., Zechmeister-Boltenstern S., Murugan R., Valkama E., Quality assessment of meta-analyses on soil organic carbon, *SOIL*, 2023, Vol. 9, pp. 117–140, https://doi.org/10.5194/soil-9-117-2023.

УДК 631.174: 632.952: 633.111.1×633.14(571.61)
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-74-85

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И ЕЁ СТРУКТУРЫ ОТ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ (×*TRITICOSECALE*) В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ

[1]**А.А. Муратов,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

[1]**В.В. Епифанцев,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор

[2]**Е.В. Туаева,** доктор сельскохозяйственных наук, доцент

[1]*Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия*

[2] *Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы Московской обл., Россия*

E-mail: nic_dalgau@mail.ru

Ключевые слова: препарат, семена, тритикале, стебли, высота, зерно, число, масса, урожайность, корреляция.

Реферат. *Представлены результаты исследований (2014–2016 гг.) по урожайности тритикале и её структуре в зависимости от препарата для обработки семян. Необходимость проведения исследований обусловлена повышением урожайности и увеличением валовых сборов зерна в регионе. Цель работы – установить зависимость урожайности и её структуры от предпосевной обработки семян тритикале современными, эффективными в экстремальных условиях фунгицидами. Двухфакторный полевой опыт проведен на опытном поле Дальневосточного ГАУ в Амурской области. Варианты: фактор А – сорта тритикале: 1) Укро, стандарт; 2) Ярило; 3) Кармен; фактор Б – обработка препаратами: 1) контроль – вода; 2) Максим, норма – 1,5 мл/л; 3) Иншур Перформ – 0,4 л/га; 4) Кинто Дуо – 2 л/га. Каждому сорту тритикале соответствовало четыре варианта обработки препаратами. По высоте, продуктивной кустистости и длине колоса тритикале различия между препаратами и контролем несущественны. Препарат Кинто Дуо обеспечил прибавку числа зерен в колосе 2,0% по сравнению с контролем. Максим и Иншур Перформ по массе 1000 зерен обеспечивают значимую прибавку – 2,8 и 3,9 %, а Кинто Дуо, КС – 7,2% относительно контроля. Урожайность сильно связана с продуктивной кустистостью, r = 0,798. Между урожайностью и длиной стебля корреляционная зависимость средняя, r = 0,332. Между урожайностью, длиной колоса, числом зёрен в колосе и массой 1000 зёрен корреляционная зависимость слабая, r <0,3. Препарат Иншур Перформ обеспечил прибавку урожайности зерна тритикале 0,11 т/га, или 4,9%, Максим – 0,30 т/га, или 13,4%, и Кинто Дуо – 0,34, или 15,2% относительно контроля.*

THE DEPENDENCE OF YIELD AND ITS STRUCTURE ON PRE-SOWING TREATMENT OF SPRING TRITICALE (×TRITICOSECALE) SEEDS IN THE AMUR REGION

[1]**A.A. Muratov,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

[1]**V.V. Epifantsev,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor

[2]**E.V. Tuaeva**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

[1]*Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia*

[2]*Federal Research Center for Livestock Husbandry - RIL named after Academician L.K. Ernst, village Dubrovitsy, Moscow region, Russia*

E-mail: nic_dalgau@mail.ru

Keywords: preparation, seeds, triticale, stem, height, grain, number, weight, yield, correlation.

Abstract. *The research results (2014 - 2015) on triticale yield and its structure depending on the seed treatment are presented. The need for research is caused by increasing grain yields and gross yields in the region. This work aims to establish the dependence of yield and its structure on the pre-sowing treatment of triticale seeds by modern fungicides that are effective in extreme conditions. A two-factor field experiment was conducted on the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University, Amur region. Options: Factor A - triticale*

varieties: 1. Ukro, St; 2. Yarilo; 3. Carmen. Factor B - treatment with preparations: 1. Control - water; 2. Maxim rate - 1.5 ml/l; 3. Inshur Perform - 0.4 l/ha; 4. Kinto Duo - 2 l/ha. Each variety of triticale corresponded to four variants of treatment with preparations. Regarding height, productive business and ear length of triticale, the differences between the preparations and the control were insignificant. The preparation of Kinto Duo increased the number of grains in the ear by 2.0% compared with the control. Maxim and Inshur Perform by weight of 1000 grains resulted in a significant increase of 2.8 and 3.9 %, and Kinto Duo - 7.2 % compared to the control. Yield is strongly related to productive business, r = 0.798. The correlation between yield and stem length is medium r = 0.332. Between yield, ear length, number of grains in the ear, and weight of 1000 grains, the correlation dependence is weak r <0.3. The preparation Inshur Perform increased the yield of triticale grain by 0.11 t/ha or 4.9%, Maxim - by 0.30 t/ha or 13.4%, and Kinto Duo - by 0.34 or 15.2% relative to the control.

Тритикале (×*Triticosecale*) – новая перспективная зерновая и фуражная культура, унаследовавшая от пшеницы высокое качество зерна, от ржи – много зерен в колосе, устойчивость к болезням и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [1, 2]. Основными производителями этой культуры являются Польша, Германия, Республика Беларусь, Франция, Испания. Урожайность зерна в этих странах составляет от 3,7 до 5,9 т/га. В России культурой занято около 141 тыс. га, урожайность – 2,78 т/га [3].

Зерна яровой тритикале в Амурской области в 2015 г. было собрано 0,4 тыс. т, или 0,1% от общих его сборов в РФ. Посевная площадь составила 0,2 тыс. га, урожайность – 2 т/га. Область в рейтинге регионов РФ по этой культуре занимает 58-е место. В последние пять лет наметилась тенденция к увеличению доли посевов зерновых культур. Яровую тритикале можно культивировать во всех зонах области. В местных условиях ограничивающими факторами её выращивания являются недостаток влаги в почве и воздухе в начале вегетации и её избыток во второй половине лета. По урожайности зерна, выращенного в области, тритикале превосходит яровую пшеницу на 2,0%, ячмень – на 34,2, овес – на 68,1, рожь – на 300% и может успешно с ними конкурировать. Здесь её технология возделывания близка к возделыванию яровой пшеницы. В перспективе тритикале как фуражная культура может заменить в области ячмень и пшеницу.

На зерновых яровых культурах паразитируют следующие фитопатогены: бурая листовая ржавчина (*Puccinia triticina* Eriks.), мучнистая роса (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. tritici March*)*, стеблевая ржавчина (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Eriks.), септориоз (*Parastagonospora nodorum* Berk), пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler.), корневые гнили злаков (*Fusarium* spp.*, Bipolaris sorokiniana* Shoem.). Потери урожая зерна в годы эпифитотий достигают 25 – 50% [4]. Чаще болезни передаются растениям с семенами или через почву [5]. Корневые гнили могут привести к потере урожайности до 40% [6].

Подготовка семян к посеву повышает энергию прорастания и полевую всхожесть, препятствует распространению с посевным материалом болезней и вредителей, создает для появляющихся проростков улучшенное питание, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам среды, способствует раннему созреванию и увеличению урожайности. В настоящее время селекционерами созданы устойчивые ко многим заболеваниям сорта тритикале [7–9]. Но несмотря на это дезинфекция остается обязательным приемом предпосевной подготовки всех семян. Известны такие способы обеззараживания семян, как обработка ядохимикатами, прогревание, облучение кварцевыми лампами и др. Использование фунгицидов для защиты яровой тритикале от болезней является неотъемлемой частью продуктивного возделывания культуры [10–12].

Препараты нового поколения для обеззараживания семян активно защищают зерновые культуры от пыльной и твёрдой головни, корневых и прикорневых гнилей различной этиологии. Они способствует получению дополнительного урожая благодаря усиленному усвоению азота, поглощению воды и увеличению устойчивости к стрессовым условиям. Выпускают их в виде концентратов суспензий. Для подготовки рабочих растворов используют воду. В овощеводстве давно известен и распространен такой прием подготовки семян, как намачивание, способствующий получению более ранних, чем от сухих семян, всходов. Поэтому

для повышения чистоты эксперимента с водорастворимыми препаратами необходимо иметь в качестве контроля вариант с обработкой водой.

Продуктивность растений определяется величиной их общей биомассы либо её хозяйственной части и зависит от разнообразных функций организма [13]. Анализ структуры урожая – важный метод оценки развития культурных растений, он позволяет установить закономерности формирования урожая и проследить его зависимость от многообразия факторов внешней среды, действия химических веществ или экстремальных погодных условий [14]. Немаловажную роль в формировании продуктивности хлебных злаков играет размер зерна, или масса 1000 зерен. В научных работах отмечается, что распространение корневых гнилей приводит к снижению массы 1000 зерен [15].

Цель работы – установить зависимость урожайности и её структуры от предпосевной обработки семян яровой тритикале фунгицидами в условиях Амурской области. В задачу исследований входило определить степень зависимости и взаимосвязи между выстой растений, числом продуктивных стеблей, длиной колоса, числом зерен в колосе, массой 1000 семян и урожайностью при обработке семян сортов тритикале различными фунгицидными препаратами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2014–2016 гг. на опытном поле ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, расположенном в Благовещенском районе Амурской области. Тип почвы – лугово-черноземовидная среднемощная [16]. Содержание гумуса – от 3,7 до 3,9% (ГОСТ 26213-91). Степень обеспеченности азотом – низкая, фосфором – средняя, калием – высокая (ГОСТ 26207-91). Реакция почвенного раствора среднекислая – 5,5 ед. pH (ГОСТ 262484-85), гидролитическая кислотность – низкая [17].

По характеру распределения осадков и температуры во время проведения исследований погодные условия отличались от многолетних показателей (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия в период вегетации растений тритикале
Weather conditions during the growing season of triticale plants

Месяц	Температура воздуха, ^{0}C (данные ГМС г. Благовещенска)				Осадки, мм (данные ГМС с. Садовое)			
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее
Май	13,4	11,6	13,4	12,4	72	51	85	39
Июнь	22,0	18,8	17,0	18,8	18	20	100	85
Июль	22,0	21,5	22,3	21,5	106	131	39	106
Август	21,5	22,1	19,4	19,2	26	79	83	103
Лето	21,8	20,8	19,6	19,8	150	210	222	294
Сезон	19,7	18,5	18,0	17,9	222	261	307	333

Температура воздуха летом 2014–2015 гг. была на 1–2^{0}C выше, а в 2016 г. на 0,2^{0}C ниже, чем среднемноголетняя. В 2015 и 2016 гг. осадков за лето и сезон выпало больше, чем в 2014 г., но меньше многолетних значений. Относительно благоприятные метеорологические условия для выращивания тритикале сложились в 2014 и 2016 гг.

В двухфакторном полевом опыте изучали: фактор А – варианты сортов: 1) Укро – стандарт, рекомендован к применению в ДВФО РФ; 2) Ярило; 3) Кармен; фактор Б – варианты протравливателей семян: 1) контроль – вода; 2) Максим (действующее вещество (д.в.): 25 г/л флудиоксонил, химический класс (х.к.) – фенилпирролы); 3) Иншур Перформ (д. в.: пираклостробин + тритиконазол 40 + 80 г/л, х. к. – стробилурины + триазолы), норма – 0,4 л/га; 4) Кинто Дуо (д. в.: прохлораз + тритиконазол 60 + 20 г/л, х. к. – триазолы + имидазолы), норма 2 л/га, расход рабочей жидкости – 10 л/т. Форма препаратов – концентраты суспензии,

контактные пестициды системного действия, предназначены для защиты растений от болезней, вызываемых грибами классов аскомицетов, базидиомицетов и несовершенных грибов, передающимися с семенами или через почву, не оказывают отрицательного воздействия на полезные микроорганизмы. Каждому сорту соответствовало по три варианта протравливателей семян и контроль. Общая площадь делянки – 30 м^2, учетная – 24 м^2. Повторность вариантов четырехкратная, размещение делянок – систематическое [18].

Предшественником была соя. Срок посева – третья декада апреля. Рабочий раствор препаратов готовили в день посева. Посев производился сеялкой СН-16 в агрегате с трактором Dongfeng. Способ посева – рядовой. Ширина междурядий – 15 см. Норма высева – 5 млн шт. всхожих зерен на 1 га. Норму высева семян по массе для каждого сорта культуры (ГОСТ 34023-2016) устанавливали на основании документов на семена с учетом ГОСТ Р 52325-2005. Обработка почвы и уход за посевами соответствовали зональным рекомендациям [19].

До уборки на трех выделенных площадках каждой делянки в двух несмежных повторностях на площади 1/12 м^2 подсчитали густоту стояния растений, высоту растений замеряли здесь же в пяти местах [20]. С площадок, выделенных для учёта густоты стояния, отобрали сноповые образцы для лабораторного анализа в фазу наступления восковой спелости зерна, анализ которых провели в порядке, рекомендованном методикой [21]. Длину колоса, число колосков в колосе учитывали у 25 колосьев. Влажность зерен определяли по ГОСТ 13586.5. Уборку с каждой делянки опыта проводили в фазу восковой спелости зерна комбайном «Хеге-125». Урожайность приводили к влажности 14%.

Статистическую обработку результатов исследований проводили, используя программы StatTech v. 3.0.9, разработчик – ООО «Статтех», Россия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Величина урожайности, количество, размеры и масса продуктовых органов у ряда культивируемых растений не зависят от высоты куста и стеблей. Наибольшая высота растений у сорта Укро наблюдалась в варианте опыта с Кинто Дуо, а наименьшая – у сорта Ярило при обработке семян препаратом Иншур Перформ, различия между ними достигли 25,1 см, или 27,6%. В среднем по вариантам фактора Б сорт Укро был самым высоким – 90,7 см, ему уступал на 6 см, или 6,7%, сорт Кармен и на 22,3 см, или 24,6%, сорт Ярило (табл. 2).

Таблица 2

Влияние препаратов на структуру урожайности сортов тритикале (2014-2016 гг.)
The influence of drugs on the yield structure of triticale varieties (2014-2016)

Препарат	Высота растений, см	Количество продуктивных стеблей, шт.	Колос		Масса 1000 зерен, г
			длина, см	зерен, шт.	
1	2	3	4	5	6
Сорт Укро (стандарт)					
Контроль	91,0	1,4	8,3	35	44,2
Максим	88,7	1,3	8,1	33	43,1
Иншур Перформ	90,2	1,4	7,9	36	44,2
Кинто Дуо	93,0	1,3	7,8	37	43,6
Сорт Ярило					
Контроль	69,0	1,7	6,9	29	38,1
Максим	69,9	1,5	7,2	30	39,7
Иншур Перформ	65,9	1,6	6,7	28	39,7
Кинто Дуо	68,6	1,7	6,6	28	41,4
Сорт Кармен					
Контроль	86,0	1,5	7,9	37	33,5

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Максим	84,0	1,3	7,9	39	36,3
Иншур Перформ	82,7	1,5	7,7	38	36,5
Кинто Дуо	85,9	1,5	7,4	38	39,1
V, %	33,4	27,1	22,6	50,0	26,8

Предпосевная обработка семян тритикале фунгицидными препаратами не способствовала увеличению высоты растений сорта Кармен по сравнению с контролем. Варианты препаратов Кинто Дуо, Максим и Иншур Перформ привели к незначительному её снижению – на 0,12; 2,32 и 3,84%. При обработке семян сорта Укро препаратом Кинто Дуо высота увеличилась на 2 см, или 2,2%, по сравнению с опрыскиванием их водой, а в остальных вариантах она была ниже контроля на 0,89 и 2,53%. Обработка семян сорта Ярило препаратом Максим дала прибавку высоты стеблей на 0,9 см, или 1,3%, по сравнению с контролем, а варианты Кинто Дуо и Иншур Перформ обусловили её снижение на 0,4 и 3,1 см, или на 0,58 и 4,49% (рис. 1).

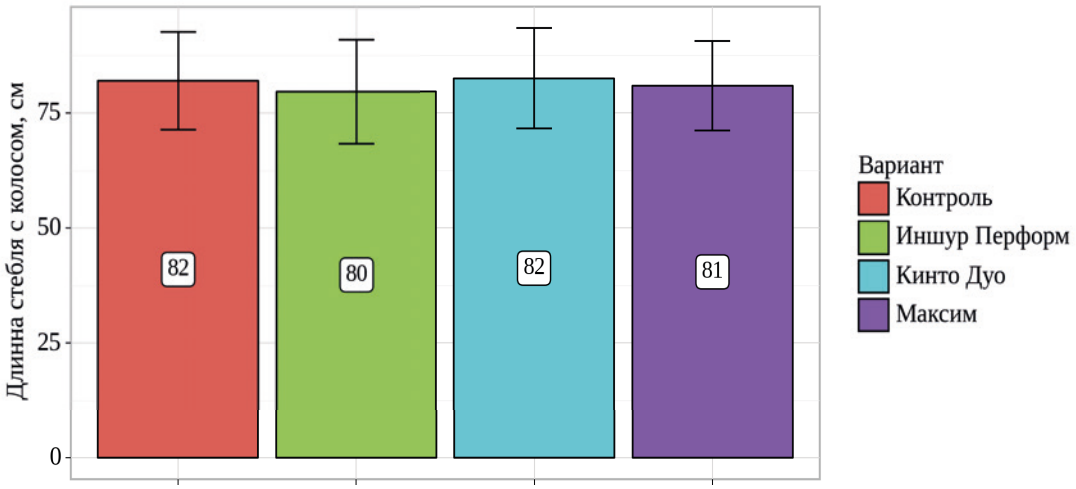


Рис. 1. Влияние предпосевной обработки семян на высоту растений (2014–2016 гг.)
The influence of pre-sowing seed treatment on plant height (2014–2016)

В результате статистической обработки данных опыта по высоте растений вероятность (р) была равна 0,972, ошибка опыта $s\bar{x}$ – 0,493 см, а ошибка разности между выборочными средними (s_d) – 0,349 см, $НСР_{05}$ – 0,69 см.

Из рис. 1 видно, что при обработке семян препаратом Кинто Дуо высота растений несущественно различается с контролем, а в вариантах обработки их фунгицидами Максим и Иншур Перформ существенно уступает ему. Изучаемое явление достоверно по существу.

Наибольшая продуктивная кустистость стеблей отмечена у сорта Ярило в контрольном варианте и при обработке Кинто Дуо, а наименьшая – у сортов Кармен и Укро при применении препаратов Максим и Кинто Дуо. В среднем по препаратам у сорта Укро она составила 1,35 шт., у сорта Кармен – 1,45 и у сорта Ярило – 1,63 шт. Протравливание семян препаратами не способствовало повышению продуктивной кустистости сортов яровой тритикале относительно контроля. Наоборот, использование препарата Максим снижало её у всех сортов, Иншур Перформ – у сорта Ярило, а Кинто Дуо – у сорта Укро по сравнению с контролем. Однако полевая всхожесть, сохранность растений перед уборкой и общая кустистость в вариантах с применением фунгицидов был значительно больше, чем в контроле. В результате проведенного дисперсионного анализа установлено, что р равнялся 0,893, ошибка опыта $s\bar{x}$ – 0,472 шт., ошибка разности выборочных средних

s_d – 0,334 шт., $НСР_{05}$ – 0,67 шт. Различия между протравливателями семян и контролем по продуктивной кустистости стеблей от 0,03 шт. у препаратов Иншур Перформ и Кинто Дуо до 0,17 шт. у Максим несущественны.

Изучение влияния фунгицидов на длину колоса сортов яровой тритикале показало, что применение препаратов Иншур Перформ и Кинто Дуо привело к её снижению на 0,3 и 0,4 см, или на 3,9 – 5,2% (рис. 2).

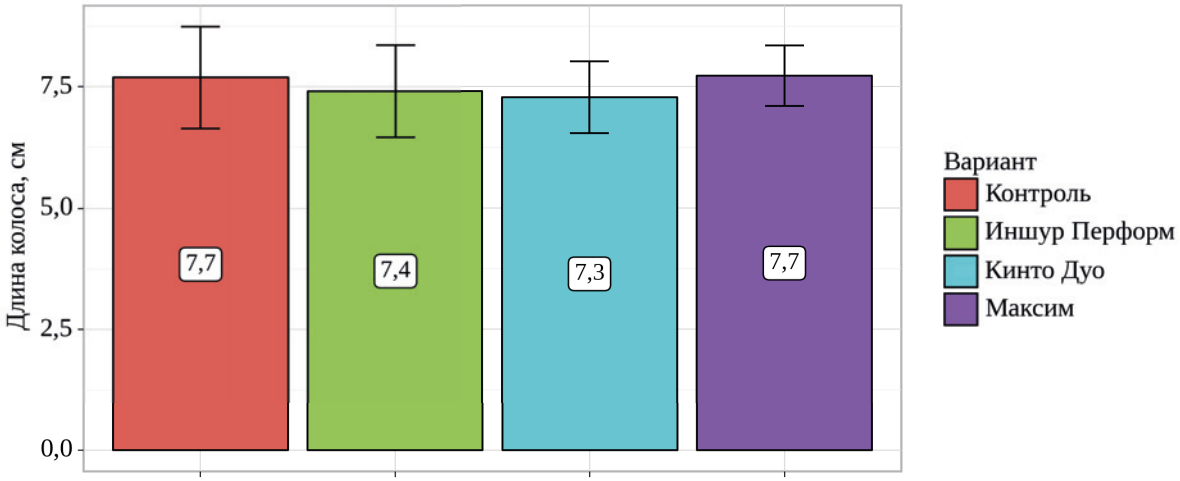


Рис. 2. Влияние предпосевной обработки семян на длину колоса (2014–2016 гг.)
The influence of pre-sowing seed treatment on ear length (2014–2016)

В среднем по препаратам наибольшей длина колоса была у сорта Укро, Кармен уступал ему на 0,3 см, или 3,7%, а Ярило – на 1,18 см, или 14,6 %. Увеличение длины колоса наблюдали у сорта Ярило в варианте с использованием препарата Максим на 0,3 см, или 4,3%. Препарат Максим различался с контролем на плюс 0,03 см, или 0,4%, Иншур Перформ – на минус 0,27 см, или 3,5%, и Кинто Дуо – на 0,43 см, или 5,6%. Дисперсионный анализ, проведенный методом рендомизированных блоков, по длине колоса показал, что средний квадрат дисперсии вероятности ошибки опыта р равнялся 0,799, ошибка опыта $s\bar{x}$ – 0,447 см, ошибка разности между выборочными средними s_d – 0,316 см, $НСР_{05}$ – 0,63 см. Между изучаемыми препаратами и контролем существенной разницы нет.

В среднем наибольшее число зерен в колосе было у сорта Кармен – 38 шт., сорт Укро уступал ему на 2,75 шт., или 7,2%, а у сорта Ярило их было меньше на 9,25 шт., или 24,3%. Варианты изучаемых препаратов отличались по числу зерен в колосе от контроля: Максим и Иншур Перформ – на плюс 0,34 шт., или 1,01%, а Кинто Дуо – на плюс 0,67 шт., или 1,99%, к варианту опрыскивания семян водой (рис. 3). По результатам дисперсионного анализа, проведенного методом рендомизированных блоков, по числу зерен в колосе средний квадрат дисперсии вероятности ошибки опыта р составил 0,854, ошибка опыта $s\bar{x}$ – 0,653 шт., ошибка разности выборочных средних s_d – 0,327 шт., $НСР_{05}$ – 0,65 шт. Препарат Кинто Дуо, КС обеспечил по существу достоверную прибавку числа зерен в колосе по сравнению с контролем, в других вариантах опыта существенной разницы не установлено.

Наибольшую массу 1000 зерен обеспечил сорт Укро – 43,8 г, сорт Ярило уступал ему на 4,05 г, или 9,3%, а сорт Кармен – на 7,43 г, или 16,9%. В опыте варианты изучаемых препаратов у сортов Ярило и Кармен по массе 1000 зерен превосходили контроль на 1,6 – 3,3 и 2,8 – 5,6 г соответственно. У сорта Укро в контроле и варианте с препаратом Иншур Перформ сформировалась одинаковая масса 1000 зерен, а в вариантах с Кинто Дуо и Максим на 0,6 – 1,1 г меньше. В среднем по опыту масса 1000 зерен была во всех вариантах с протравливанием семян больше, чем в контроле (рис. 4).

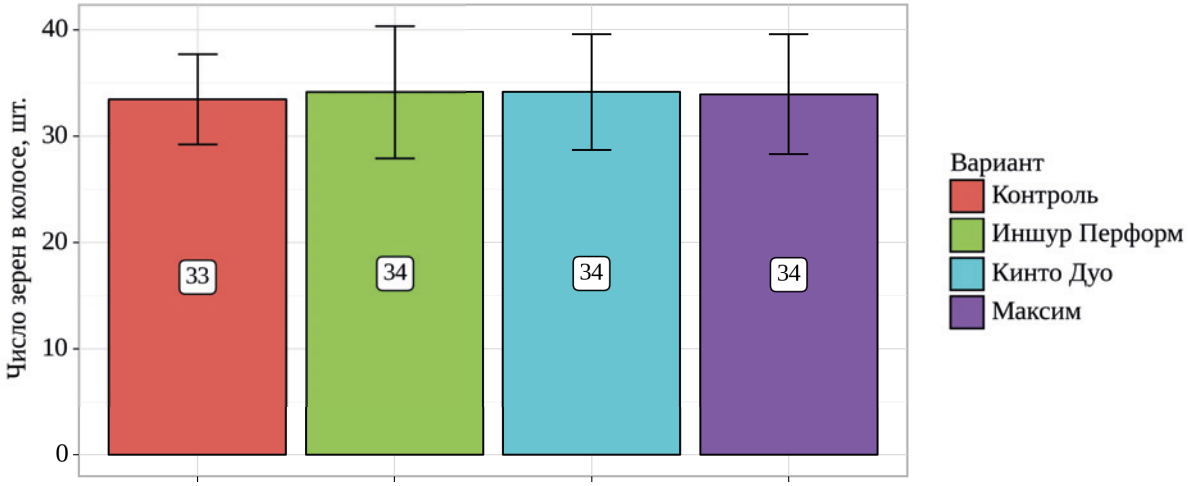


Рис. 3. Влияние предпосевной обработки семян на число зерен в колосе (2014–2016 гг.)
The influence of pre-sowing seed treatment on the number of grains per ear (2014–2016)

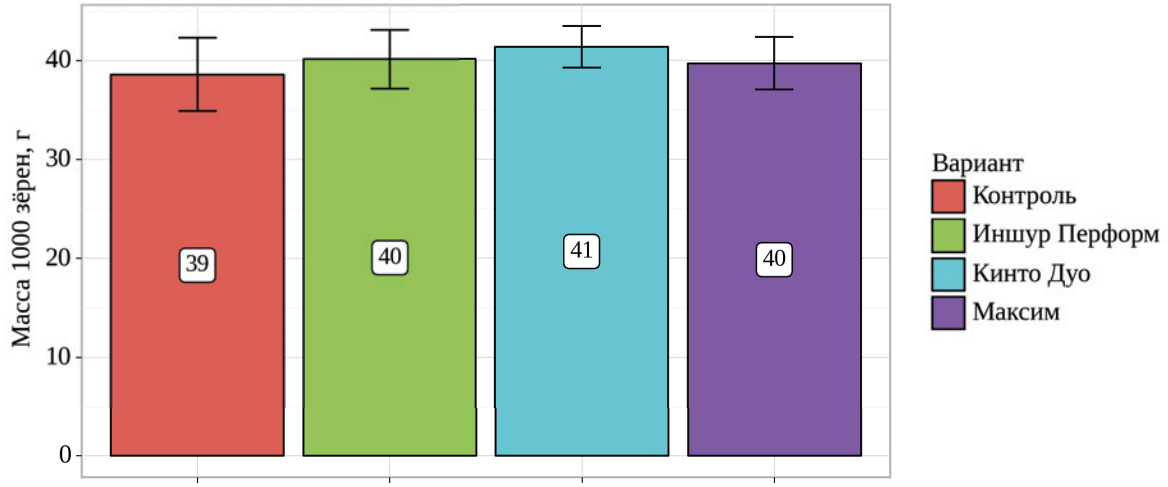


Рис. 4. Влияние предпосевной обработки семян на массу 1000 зерен (2014–2016 гг.)
The influence of pre-sowing seed treatment on the weight of 1000 grains (2014–2016)

Наиболее сильно этот показатель увеличился при использовании для обработки семян фунгицида Кинто Дуо – на 2,77 г, или 7,2% относительно контрольного варианта. Применение препаратов Максим и Иншур Перформ позволило увеличить массу зерен на 1,1 – 1,53 г, или на 2,8–3,9 %. При статистической оценке влияния обработки семян перед их посевом фунгицидами на массу 1000 зёрен нам удалось установить достоверные статистически значимые различия всех препаратов относительно контроля. Средний квадрат дисперсии ошибки опыта p был равен 0,499, ошибка опыта $s\bar{x}$ – 0,353 г, ошибка разности выборочных средних s_d – 0,249 г, $НСР_{05}$ – 0,495 г.

Для получения большей информации о влиянии предпосевного протравливания семян сортов тритикале фунгицидами на урожайность и элементы её структуры наряду с дисперсионным анализом использовали методы корреляции, регрессии или ковариационного анализа, результаты которого представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость между элементами структуры (X) и урожайностью зерна (Y)
Relationship between structural elements (X) and grain yield (Y)

Параметр	Уравнение парной линейной регрессии	Коэффициент корреляции (r)	Уровень значимости (p)
Количество продуктивных стеблей, шт.	Y= 15,666X + 1,214	0,798	< 0,001*
Длина стебля с колосом, см.	Y= 0,177X + 9,926	0,332	0,048*
Длина колоса, см	Y= 0,907X + 17,452	0,139	0,420
Число зёрен в колосе, шт.	Y = 0,037X + 23,008	0,036	0,836
Масса зерна с колоса, г	Y = 3,705X + 19,255	0,155	0,366
Масса 1000 зёрен, г	Y = 0,465X + 5,709	0,247	0,147

* Различия показателей статистически значимы (p <0,05).
* - differences in indicators are statistically significant (p <0.05)

Как видно из таблицы, урожайность сильно связана с продуктивной кустистостью, r > 0,7. Между урожайностью зерна тритикале и длиной стебля с колосом зависимость средняя, r = 0,3–0,7. Между урожайностью, длиной колоса, числом зёрен в колосе, массой зерна с колоса и массой 1000 зёрен корреляционная зависимость слабая, r < 0,3. По форме корреляция между анализируемыми признаками линейная, а по направлению – прямая. Полученное значение $F_ф > F_{05}$ указывает на отклонение от линейности, обусловленное случайным выборочным варьированием. Нулевая гипотеза H_0: d = 0 об отсутствии линейной связи Y с X отвергается.

Предпосевная обработка семян изучаемых сортов яровой тритикале фунгицидными препаратами в основном способствовала повышению урожайности зерна (табл. 4).

Таблица 4

Влияние протравливателей на урожайность зерна сортов тритикале
The influence of dressing agents on grain yield of triticale varieties

Сорт, А	Препарат, Б	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га	
		2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя	по А	по Б
Укро (стандарт)	Контроль	2,95	1,56	2,69	2,40	-	-
	Максим	2,99	1,84	3,26	2,70	-	+0,30
	Иншур Перформ	3,20	1,78	3,19	2,72	-	+0,32
	Кинто Дуо	3,45	1,91	3,36	2,91	-	+0,51
Ярило	Контроль	2,24	1,71	2,67	2,21	-0,19	-
	Максим	2,10	1,98	3,15	2,41	-0,29	+0,20
	Иншур Перформ	2,46	1,63	2,91	2,33	-0,35	+0,12
	Кинто Дуо	2,55	1,85	3,02	2,47	-0,42	+0,26
Кармен	Контроль	2,51	1,16	2,64	2,10	-0,30	-
	Максим	3,23	1,32	3,01	2,52	-0,18	+0,42
	Иншур Перформ	2,31	0,85	2,86	2,01	-0,71	-0,09
	Кинто Дуо	2,64	1,29	3,13	2,35	-0,56	+0,25
НСР, т/га		0,095	0,195	0,198	-	-	-
$НСР_А$, т/га		0,165	0,113	0,115	-	-	-
$НСР_Б$, т/га		0,143	0,098	0,099	-	-	-

В 2014 г., благоприятном для возделывания яровой тритикале, урожайность зерна в зависимости от вариантов варьировала от 2,10 до 3,45 т/га. Наиболее высокая урожайность была получена при обработке семян препаратом Кинто Дуо у сорта Укро – 3,45 т/га. Она была максимальной за все годы исследований. Применение фунгицидов для обработки семян перед их посевом способствовало существенному повышению урожайности практически во всех вариантах на 0,04–0,72 т/га при значении $НСР_{05}$ 0,095 по опыту в сравнении с вариантом без их протравливания. В среднем по культуре наиболее высокую прибавку урожайности – на 10,8% обеспечило применение препарата Кинто Дуо. Использование препаратов Иншур Перформ и Максим также привело к повышению урожайности зерна относительно контрольного варианта на 3,5 и 7,3% соответственно. При проведении дисперсионного анализа по определению влияния обработки семян препаратами на урожайность яровой тритикале установлены достоверные статистически значимые различия между изучаемыми вариантами (p = 0,013).

В 2015 г., когда весной наблюдался недостаток тепла и выпало большое количество осадков в июле, в опыте была получена наименьшая урожайность за все годы исследований. В этом году наибольшая урожайность сформировалась у сорта Ярило при обработке семян препаратом Максим. Она достигла 1,98 т/га. Получению высокой продуктивности зерна способствовали также варианты предпосевной обработки семян препаратами Кинто Дуо и Максим. Они обеспечили существенную достоверную прибавку по сравнению с контролем на 0,2 и 0,23 т/га соответственно при $НСР_{05}$ 0,195 т/га по опыту. Применение препарата Иншур Перформ способствовало получению прибавки урожайности только у сорта Укро. В среднем по культуре данный препарат привел к снижению урожайности на 4,1%. Анализ данных по влиянию предпосевной обработки семян фунгицидами на урожайность яровой тритикале выявил статистически значимые различия при вероятности p = 0,047.

В 2016 г., когда в июне выпало 100 мм осадков, а в июле всего 39 мм, урожайность зерна изменялась от 2,61 до 3,36 т/га Наибольшие значения урожайности были у сортов Кармен и Укро – 3,13 и 33,6 т/га соответственно в варианте предпосевной обработки семян препаратом Кинто Дуо, а у сорта Ярило – 3,15 т/га при применении препарата Максим и превысило контрольный вариант на 18,5; 24,9 и 13,1% соответственно. В этом году получена наибольшая прибавка урожайности яровой тритикале при обработке семян фунгицидами во всех вариантах опыта относительно контрольного варианта – на 8,9–24,9%. Между изучаемыми вариантами в опыте были выявлены достоверные существенные различия (p = 0,001).

В среднем за три года исследований в зависимости от варианта урожайность зерна изменялась от 2,01 т/га у сорта Кармен с обработкой Иншур Перформ до 2,91 т/га у Укро с Кинто Дуо. Районированный сорт Укро во всех вариантах обработки семян препаратами обеспечил наибольшую урожайность. В среднем по всем вариантам он дал урожайность 2,68 т/га, что на 0,33 т/га, или 12,2%, больше, чем у Ярило, и на 0,44 т/га, или 16,3%, больше, чем у сорта Кармен. Существенные прибавки урожайности зерна в сравнении с контролем у всех сортов отмечены в вариантах препаратов Максим и Кинто Дуо – от 0,20 до 0,51 т/га, или от 9 до 21,3%. Вариант обработки фунгицидом Иншур Перформ обеспечил существенную прибавку урожайности – 0,32 т/га, или 13,3%, только у сорта Укро. У сорта Ярило она была несущественна, а у сорта Кармен этот препарат дал снижение урожайности по сравнению с контрольным вариантом. В среднем по изучаемым сортам препарат Иншур Перформ обеспечил прибавку урожайности 0,11 т/га, или 4,9%, Максим – 0,3 т/га, или 13,4%, и препарат Кинто Дуо – 0,34, или 15,2%, относительно контроля. Урожайность в опыте на 2,17 – 10,29% зависит от генотипа и на 11,93 – 35,39% – от условий года. Индекс детерминации (η_{yx}, %) действующих на урожайность факторов составляет 0,69%, функциональная зависимость Y от X выше средней и ближе к 1.

Повышение продуктивности сортов яровой тритикале в вариантах опыта с использованием фунгицидных препаратов было достигнуто благодаря повышению полевой всхожести и снижению пораженности корневыми гнилями, что способствовало повышению количества продуктивных стеблей на единице площади и

крупности зерна. Для повышения урожайности зерна яровой тритикале в условиях Приамурья независимо от возделываемого сорта необходимо перед посевом проводить протравливание семян.

ВЫВОДЫ

1. Предпосевная обработка семян сортов тритикале фунгицидным препаратом Кинто Дуо не выявила закономерного увеличения высоты растений, а препараты Максим и Иншур Перформ достоверно снижали её по сравнению с контролем. Закономерных различий между протравливателями семян и контролем по продуктивной кустистости стеблей и длине колоса сортов тритикале не выявлено. Препарат Кинто Дуо обеспечил существенную достоверную прибавку числа зерен в колосе по сравнению с контролем, в других вариантах опыта эта закономерность не прослеживалась.

2. Применение препаратов Максим и Иншур Перформ позволило достоверно увеличить массу 1000 зерен – на 1,10–1,53 г, или на 2,8 - 3,9 %, соответственно, а фунгицида Кинто Дуо – на 2,77 г, или 7,2%, относительно контрольного варианта и установить статистически достоверные значимые различия.

3. Урожайность тритикале сильно закономерно связана с продуктивной кустистостью, коэффициент корреляции r = 0,798. Между урожайностью зерна тритикале и длиной стебля с колосом корреляционная зависимость средняя, r = 0,332. Между урожайностью, длиной колоса, числом зёрен в колосе, массой зерна в колосе и массой 1000 зёрен корреляционная зависимость слабая, r < 0,3.

4. В опыте достоверные существенные прибавки урожайности зерна в сравнении с контролем были получены в вариантах препаратов Максим и Кинто Дуо – от 0,20 до 0,51 т/га, или от 9 до 21,3%. Вариант обработки фунгицидом Иншур Перформ обеспечил существенную прибавку урожайности – 0,32 т/га, или 13,3%, только у сорта Укро. В среднем по культуре препарат Иншур Перформ обеспечил прибавку урожайности 0,11 т/га, или 4,9%, Максим – 0,3 т/га, или 13,4%, и препарат Кинто Дуо – 0,34, или 15,2%, относительно контроля. Урожайность тритикале на 2,17–10,29% зависит от генотипа и на 11,93–35,39% – от условий года. Функциональная зависимость Y от X выше средней, индекс детерминации составляет 0,69%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Muratov A.A., Oborskaya Yu.V., Hongpeng Li.* Introduction of spring triticale in the Amur region // XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”: Global Precision Ag Innovation 2022, Rostov-on-Don, 25–27 мая 2022 года. – Cham: Springer, 2023. – P. 137-146. – EDN: GMGCSD.
2. *Muratov A.* Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia) // E3S Web of Conferences, Blagoveshchensk, 23–24 Sent 2020. – Blagoveshchensk, 2020. – P. 02007. – DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007; EDN: DEGDHT.
3. *Тысленко А.М.* Посевные площади и урожайность тритикале в Российской Федерации // Инновационные сорта и технология возделывания ярового тритикале. – Иваново, 2017. – 295 с. – EDN: TDCQLN.
4. *Распространение* фитопатогенов на зерновых культурах в Уральском регионе / А. Ю. Кикало, Н.Ю. Заргарян, В.В. Немченко // Аграрный вестник Урала. – 2022. – № 11(226). – С. 14-24. – DOI: 10.32417/1997–4868–2022–226–11–14–24; EDN: HKVPNJ.
5. *Анализ* эффективности протравителей в защите пшеницы яровой от болезней в Беларуси / Е. И. Жук, А. Г. Жуковский, Н. А. Крупенько [и др.] // Защита растений. – 2021. – № 45. – С. 127-136. – DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-127-136; EDN: STOMAL.
6. *Бабайцева Т.А.* Влияние предпосевной обработки семян на урожайность и посевные качества озимых зерновых культур // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2 (55). – С. 12–21. – EDN: YQNUDB.
7. *Тритикале* яровое Кармен – новый сорт для современных агротехнологий Дальнего Востока / П.В. Тихончук, А.А. Муратов, Н.С. Шматок [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 4 (48). – С. 128–134. – DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14092; EDN YUNQWT.

8. *Константинова О.Б., Кондратенко Е.П.* Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2015. – № 3. – С. 13–18.
9. *Скатова С. Е., Тысленко А. М., Зуев Д. В.* Сорт для адаптивного земледелия Нечерноземной зоны: яровая тритикале Кармен // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 10. – С. 15–18.
10. *Горянина Т.А.* Сравнительная оценка сортов озимой тритикале по адаптивной способности и стабильности // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 1. – С. 37–41. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107.
11. *Изменчивость* высоты растений и урожайности зерна коллекционных образцов озимой тритикале / С.Н. Пономарев, М.Л. Пономарева, С.И. Фомин, Г.С. Маннапова, Л.Ф. Гильмуллина // Вестник Казанского ГАУ. – 2020. – № 2 (58). – С. 42–48. – DOI: 10.1273/2073-0462-2020-42-48.
12. *Радивон В.А., Жуковский А.Г.* Эффективность фунгицидов в защите ярового тритикале от болезней // Защита растений. – 2018. – № 42. – С. 141–150. – EDN: QAEVSA.
13. *Вологжанина Е.Н., Баталова Г.А., Лисицын Е.М.* Влияние обработки семян и посевов препаратами на кормовую продуктивность и фотосинтетический аппарат голозерного овса сорта Вятский // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2016. – № 1. – С. 5–10. – EDN: VURABF.
14. *Кузнецова Е.С., Васин А.В.* Показатели структуры урожая сои при применении комплексных удобрений в условиях лесостепи среднего Поволжья // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Самара, 11–12 дек. 2019 г. – Самара: РИО Самарского ГАУ, 2019. – С. 107–110. – EDN: FIQDHB.
15. *Влияние* фунгицидов на элементы структуры и урожайность зерна тритикале озимого сорта Динамо / В.Н. Буштевич, Е.И. Позняк, М.А. Дашкевич [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – № 1. – С. 76–80. – EDN: JFXATO.
16. *Черноситова, Т.Н., Муратов А.А.* Агрохимическая оценка состояния почвы опытного поля Дальневосточного государственного аграрного университета // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 20–21 апр. 2022 г.): [в 4 т.]. – Благовещенск. Дальневосточный ГАУ, 2022. – Т. 1. – С. 341–348.
17. *Kalashnikov N.P., Tikhonchuk P.V., Fokin S.A.* The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Khbarovsk: Institute of Physics Publishing. – 2020. – P. 012043. – DOI: 10.1088/17551315/547/1/012043.
18. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 6-е, стер. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.
19. *Система* земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / Д.В. Ахалбедашвили, А.И. Безруков, В.С. Белоусов [и др.]; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск, 2016. – 570 с. – DOI: 10.22450/9785964202769; EDN: XRDEZF.
20. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1: Общая часть. [Электронный ресурс] / М.А. Федин, Ю.А. Роговский, А.В. Исаева, Ю.П. Панферов, Н.А. Кабалкина // М., 2019. – URL: http:// gossortrf.ru›wp-content…2019/08/metodica_1.pdf (дата обращения: 22.03.2023).
21. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / ред. В.И. Головачев, Е.И. Кириловская. – М., 1989. – 194 с.

REFERENCES

1. Muratov A.A., Oborskaya Yu.V., Hongpeng Li., Introduction of spring triticale in the Amur region, *XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022": Global Precision Ag Innovation 2022*, Rostov-on-Don, 25–27 maya 2022 goda, Cham: Springer, 2023, pp. 137–146.
2. Muratov A., Growth and development of triticale culture in the Amur Region (Russia), *E3S Web of Conferences, Blagoveshchensk, 23–24 sentyabrya 2020 goda*, Blagoveshchensk, 2020, pp. 02007, DOI: 10.1051/e3sconf/202020302007.
3. Tyslenko A.M., *Innovacionnye sorta i tehnologija vozdelyvanija jarovogo tritikale*, Ivanovo, 2017, 295 p. (In Russ.)

4. Kikalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Nemchenko V.V., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2022, No. 11 (226), pp. 14-24, DOI: 10.32417/1997–4868–2022–226–11–14–24. (In Russ.)
5. Zhuk E.I., Zhukovskii A.G., Krupen'ko N.A., *Zashchita rastenii*, 2021, No. 45, pp. 127–136, DOI: 10.47612/0135-3705-2021-45-127-136. (In Russ.)
6. Babaitseva T.A., *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2018, No. 2 (55), pp. 12–21. (In Russ.)
7. Tikhonchuk P.V., Muratov A.A., Shmatok N.S., *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2018, No. 4 (48), pp. 128–134, DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14092. (In Russ.)
8. Konstantinova O.B., Kondratenko E.P., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet)*, 2015, No. (3), pp. 13–18. (In Russ.)
9. Skatova S.E., Ty`slenko A.M., Zuev D.V., *Dostizheniya nauki i texniki APK*, 2018, T. 32, No. 10, pp. 15–18. (In Russ.)
10. Goryanina T.A., *Dostizheniya nauki i texniki APK*, 2020, T. 34, No. 1, pp. 37–41, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10107. (In Russ.)
11. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Fomin S.I., Mannapova G.S., Gil`mullina L.F., *Vestnik Kazanskogo GAU*, 2020, No. 2 (58), pp. 42–48, DOI: 10.1273/2073-0462-2020-42-48. (In Russ.)
12. Radivon V.A., Zhukovskii A.G., *Zashchita rastenii*, 2018, No. 42, pp. 141–150. (In Russ.)
13. Vologzhanina E.N., Batalova G.A., Lisitsyn E.M., *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2016, No. 1, pp. 5–10. (In Russ.)
14. Kuznetsova E.S., Vasin A.V., *Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK* (Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex), Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference, Samara, December 11-12, 2019, Samara: RIO Samarskogo GAU, 2019, pp. 107–110. (In Russ.)
15. Bushtevich V.N., Poznyak E.I., Dashkevich M.A., *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya*, 2018, No. 1, pp. 76–80. (In Russ.)
16. Chernositova T.N., Muratov A.A., *Agropromyshlennyi kompleks: problemy i perspektivy razvitiya: materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Agro-industrial complex: problems and prospects of development), materials of the All-Russian Scientific and practical conference (Blagoveshchensk, April 20-21, 2022), [V 4 t.]. T. 1. Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi GAU, 2022, pp. 341–348. (In Russ.)
17. Kalashnikov N.P., Tikhonchuk P.V., Fokin S.A., The influence of micronutrients on the productivity of corn during cultivation on green mass in the southern zone of Amur region, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Khbarovsk: Institute of Physics Publishing, 2020, pp. 012043, DOI: 10.1088/17551315/547/1/012043. (In Russ.)
18. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methods of field experience (withthe basics of statistical processing of research results)), Moscow: Alliance, 2014, 351 p. (In Russ.)
19. Akhalbedashvili D.V., Bezrukov A.I., Belousov V.S., *Sistema zemledeliya Amurskoi oblasti* (The system of agriculture of the Amur region), Blagoveshchensk, 2016, 570 p, DOI: 10.22450/9785964202769. (In Russ.)
20. Fedin M.A., Rogovskii Yu.A., Isaeva A.V., Panferov Yu.P., Kabalkina N.A., *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops), Moscow, 2019, http:// gossortrf.ru›wp-content…2019/08/metodica_1.pdf.
21. Golovachev V.I., Kirilovskaya E.I., *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops), Vypusk 2. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury, Moscow, 1989, 194 p.

УДК 635.652:631.526.32
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-86-95

ОЦЕНКА СОРТОВ ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА АДАПТИВНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

О.В. Паркина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
О.Е. Якубенко, кандидат сельскохозяйственных наук
Ч. Ван, аспирант
Н.Т. Нгуен, аспирант
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: o.e.yakubenko@yandex.ru

Ключевые слова: фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris*), адаптивность, продуктивность, селекционная ценность генотипа, экологическая пластичность, относительная стабильность сорта**.**

Реферат. *Изучена адаптивная способность и продуктивность фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья. Генетическая оценка сортов позволит ускорить селекционную работу по созданию форм, сочетающих экологическую пластичность и продуктивность на основе изучения адаптивного потенциала элементов продуктивности. Актуальной задачей селекции является создание сортов с высокой стабильной урожайностью, которые способны сочетать в генотипе высокое качество, продуктивность и экологическую пластичность. На базе УПХ «Сад Мичуринцев» ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ проведена оценка (2015–2020 гг.) сортов фасоли зерновой разного эколого-географического происхождения с кустовым типом роста по признакам числа бобов на растении, массы семян с растения, массы 1000 семян, урожайности семян. Целью работы является оценка сортов фасоли обыкновенной на адаптивность и продуктивность в условиях лесостепи Приобья. Оценку адаптивности проводили по методике, разработанной А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой. По признаку «число бобов на растении» сорта Рубин (Sgi = 6,5%), Stringless (Sgi = 9,9%), Золотистая (Sgi = 14,2%), Зуша белая (Sgi = 17,6%), Зуша черная (Sgi = 18,6%) отнесены к формам с низким и средним уровнем экологической изменчивости. У сорта Золотистая по массе семян с растения отмечаются высокие показатели параметров OACi (4,2) и bi (4,96), средний уровень СЦГi (2,05). По признаку «масса 1000 семян» большинство сортов отнесены к стабильным – значение Sgi не превышает 10%. Выявлены генотипы фасоли зерновой, сочетающие высокую урожайность со средовой устойчивостью, – Зуша черная, Золотистая. Образцы Veenoorl, Золотистая, Brunot, Рубин рекомендованы для включения в селекционные программы с целью создания новых адаптированных сортов фасоли зерновой.*

ASSESSMENT OF COMMON BEAN VARIETIES FOR ADAPTABILITY AND PRODUCTIVITY IN THE FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE PRIOBYE

O.V. Parkina, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
O. E. Yakubenko, PhD in Agricultural Sciences
Zhenfen Wang, PhD student
Nam T. Nguyen, PhD student
Novosibirsk State Agrarian University
E-mail: o.e.yakubenko@yandex.ru

Keywords: common beans (*Phaseolus vulgaris*), adaptability, productivity, breeding value of the genotype, ecological plasticity, relative stability of the variety.

Abstract. *The adaptive ability and productivity of common beans in the conditions of the forest steppe of the Ob region are studied in work. Genetic evaluation of varieties will speed up the breeding work to create forms that combine ecological plasticity and productivity based on exploring the adaptive potential of productivity elements. An urgent task of breeding is to develop varieties with a high stable yield, which can combine high quality, productivity and environmental plasticity in the genotype. Based on the UPH "Michurintsev Garden" of the Novosibirsk State Agrarian University, an assessment was carried out (2015-20) of grain bean varieties of different ecological and geographical origin with a bush type of growth according to the characteristics: the number of beans per plant, the weight of seeds per plant, the weight of 1000 seeds, seed yield. The work aims to*

evaluate the varieties of common beans for adaptability and productivity in the conditions of the forest steppe of the Ob region. Adaptability was assessed according to the methodology developed by A.V. Kilchevsky and L.V. Khotyleva. According to the "number of beans per plant", the varieties Rubyn (Sgi = 6,5%), Stringless (Sgi = 9,9%), Zolotistaya (Sgi = 14,2%), Zusha white (Sgi = 17,6%), Zusha black (Sgi = 18,6%) are classified as forms with low and medium levels of ecological variability. The Zolotistaya variety has high indicators of the parameters OACi (4.2) and bi (4.96), the average level of BVGi (2.05) by the weight of seeds from the plant. Based on «1000 seed weight», most varieties are classified as stable – the Sgi value does not exceed 10%. The genotypes of grain beans combining high yield with environmental resistance of Zusha black and Zolotistaya have been identified. Veenoorl, Zolotistaya, Brunot, and Rubyn samples are recommended for inclusion in breeding programs to create new adapted varieties of common beans.

Для сельскохозяйственного производства особую ценность представляют высокопродуктивные, качественные и адаптивные сорта [1].

Актуальной задачей селекции является создание сортов с высокой стабильной урожайностью, которые способны сочетать в генотипе высокое качество, продуктивность и экологическую пластичность.

Большой вклад в развитие адаптивной селекции внесли А.В. Кильчевский, Е.Г. Добруцкая и др. Они обращают внимание, что «в благоприятных условиях различия биологического порядка нивелируются за счет равномерно хорошего развития всех растений, а в особо суровых условиях ярко проявляются различия между растениями одной популяции» [2].

А.В. Кильчевский и Л.В. Хотылева указывают, что «большое значение имеет селекционный фон при селекции на адаптивность», которая направлена на «повышение устойчивости генотипов к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам среды» [3].

В исследованиях отмечается, что адаптивный потенциал сорта наследственно детерминирован, и подбор исходного материала является определяющим при создании сортов [4–6].

В результате испытаний в контрастных по гидротермическому и почвенному режимам условиях можно дать относительно полную характеристику приспособленности сортов к различным средовым факторам, выделить необходимый исходный материал и целенаправленно подобрать родительские пары для скрещивания [7, 8].

Одной из актуальных проблем современной селекции является поиск ценных источников для создания сортов, характеризующихся продуктивностью, технологичностью и адаптивностью [9].

Перед современным сельскохозяйственным производством стоит проблема обеспечения населения высококачественными продуктами питания. В связи с этим возрастает интерес производителей к зернобобовым культурам.

Фасоль обыкновенная – перспективная зернобобовая культура, отличающаяся высоким качеством растительного белка. По данным FAO (2021), фасоль занимает около 35 млн га в мировом производстве культуры. Лидерами по ее выращиванию являются азиатские страны (44%), американский континент (32%) и Африка (21%). В России фасолью обыкновенной занято около 7 тыс. га.

Отбор и создание адаптивных сортов фасоли обыкновенной направлены на решение приоритетных вопросов сельского хозяйства, которые отражены в «Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г.» [10].

Генетическая оценка сортов позволит ускорить селекционный процесс по созданию форм, сочетающих экологическую пластичность и продуктивность на основе изучения адаптивного потенциала элементов продуктивности.

В настоящее время в ассортименте зернобобовых культур распространены сорта высоко- и среднеадаптивные, характеризующиеся высокой устойчивостью к изменениям среды, но не всегда отличающиеся высокой урожайностью. Возникает необходимость отбора сортов интенсивного типа, сочетающих высокую продуктивность со средовой устойчивостью.

Цель исследования – оценить адаптивную способность и продуктивность сортов фасоли обыкновенной в условиях лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На базе УПХ «Сад Мичуринцев» ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ проведена многолетняя оценка (2015–2020 гг.) 14 сортов фасоли зерновой разного эколого-географического происхождения по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [11].

Почва опытного участка – серая лесная. Содержание гумуса в пахотном горизонте 3,0–3,2%, азота нитратного – 2,4–4,2 мг/кг, азота аммиачного – 14,2–15,9 мг/кг, подвижного фосфора – 272–307, обменного калия – 88–100 мг/кг почвы [12].

Поле опытного участка по периметру окружено лесозащитной полосой. Норма высева семян – 22 шт/м^2. Схема посева – 70 х 6 см. Уход за растениями проводили вручную.

Стандарт – сорт Рубин. Среднеспелый. Высота растений до 57 см. Окраска цветков розовая. Бобы прямые, узкие, форма поперечного сечения от эллиптической до яйцевидной. Длина боба 12–15 см. Клювик боба длинный, прямой. Форма продольного сечения семян от округлой до эллиптической, основная окраска вишневая, рубчик белый. Высокая устойчивость к бактериозу. Масса 1000 семян 280–430 г. Содержание белка 22–27% [13].

Фенологические наблюдения и морфологическое описание фасоли обыкновенной проводили по общепринятым методикам [14, 15].

В годы исследования гидротермические условия варьировали от оптимальных до засушливых и избыточно увлажненных.

При посеве в 2015–2016 гг. температура воздуха и почвы, влагообеспеченность были оптимальными для получения дружных всходов фасоли обыкновенной. Третья декада мая 2017 г. характеризовалась дефицитом влаги, что привело к увеличению продолжительности периода «посев – всходы» в среднем на 7 суток.

Межфазовый период «всходы – цветение» зависит от тепло- и влагообеспеченности года. Годы с оптимальными значениями гидротермического режима в указанную фенологическую фазу позволяют достигнуть максимальных значений по плодообразованию культуры и прогнозировать высокую семенную продуктивность. В 2015–2016 гг. температура воздуха наблюдалась выше +20^{o}C, что благоприятно сказалось на продолжительности периода цветения и позволило ожидать высокой продуктивности изучаемых образцов. В 2018 г. пониженная температура и высокая влажность года негативно сказались на продолжительности периода цветения и в целом на плодообразовании. В 2019 г. в межфазовый период «всходы – цветение» отмечен дефицит влаги.

Межфазовый период «цветение – биологическая спелость» является важным при прогнозировании урожая культуры и гарантировании семенной продуктивности. В условиях континентального климата лесостепи Приобья наступление биологической спелости наблюдается у раннеспелых и среднеспелых форм фасоли обыкновенной. Тепло- и влагообеспеченность 2015–2016 гг. способствовали активному плодоношению культуры. Обильное выпадение осадков в первую и вторую декаду августа 2017 и 2018 гг. замедлило наступление биологической спелости. Среднемесячная температура августа 2019 и 2020 гг. была выше нормы, что способствовало быстрому переходу в фазу «биологическая спелость» – конец второй–начало третьей декады августа.

Показатель экологической пластичности рассчитывали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell [16], подробно описанной в работе О.С. Корзун и А.С. Бруйло [17]. Оценку параметров адаптивности проводили по основным методикам [16–19].

Математическую обработку данных проводили при помощи программного обеспечения Statistica и Snedecor [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для отбора интересующих селекционера форм прибегают к изучению отдельных показателей адаптивности. Высокое значение коэффициента регрессии (bi>1) говорит о том, что сорт обладает высокой отзывчивостью на изменяющиеся условия выращивания. Коэффициент регрессии, равный нулю или имеющий близкое к нулю значение, означает, что сорт не реагирует на изменения окружающей среды.

Значение показателя стабильность генотипа (Sgi) является важным при отборе родительских пар для скрещивания. Параметр учитывается при оценке образцов по сочетанию высокой потенциальной продуктивности и экологической устойчивости на изменение среды.

Параметр «общая адаптивная способность» (OACi) показывает среднее значение признака в отличающихся условиях выращивания, а специфическая адаптивная способность (CACi) устанавливает отклонение от OACi в изучаемой среде. Комплексный показатель «селекционная ценность генотипа» (СЦГi) позволяет выделить генотипы, сочетающие средовую устойчивость и продуктивность.

Число бобов на растении. Это один из наиболее важных элементов продуктивности фасоли.

По признаку «число бобов на растении» относительная стабильность варьировала от 7 (Рубин) до 44% (Kreola). Сорта Рубин, Stringless, Золотистая, Зуша белая, Зуша черная отнесены к формам с низким и средним уровнем экологической изменчивости (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь относительной стабильности генотипа и числа бобов на растении
Relationship between the relative stability of the genotype and the number of beans on the plant

Анализ селекционной ценности генотипа показал, что высокими показателями по признаку отличаются Зуша черная, Нерусса, Золотистая (табл. 1). Изучаемый показатель указывает на перспективность включения образцов в селекционную работу по созданию высокопродуктивных и адаптивных сортов.

Таблица 1

Селекционная ценность генотипов фасоли по признаку «число бобов на растении»
The breeding value of bean genotypes is based on the trait “number of beans on the plant.”

Сорт	Xi, шт.	bi	OACi	CACi	СЦГi
1	2	3	4	5	6
Рубин – стандарт	9±2	1,46	-2,0	0,59	7,86
Золотистая	11±4	1,91	0,6	1,67	8,02
Bomba	9±3	1,91	-1,5	3,19	2,56
Canario	8±2	1,57	-3,0	2,40	2,78
Stringless	7±1	1,00	-4,2	0,71	5,40

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Veenoorl	7±2	1,54	-3,4	2,14	2,98
Мухранула	5±1	0,52	-5,4	1,08	3,36
Katia	10±3	2,48	-0,6	4,21	1,10
Нерусса	17±2	2,64	5,8	3,91	8,19
Оран	18±6	3,18	7,6	5,44	6,52
Зуша черная	19±2	2,89	7,8	3,54	11,02
Зуша белая	9±1	1,39	-2,2	1,58	5,43
Kreola	13±4	3,10	2,6	6,09	0,05
Brunot	8±2	0,66	-2,4	1,90	4,51

Примечание. Здесь и далее: Xi – среднее значение признака; bi – коэффициент регрессии; OACi – общая адаптивная способность; CACi – специфическая адаптивная способность; СЦГi – селекционная ценность генотипа.
Note. From now on, Xi is the average attribute value, bi is the regression coefficient, GACi is the general adaptive ability, CACi is the specific adaptive ability, and SCGi is the selection value of the genotype.

Масса семян с растения. Этот признак в большей степени зависит от генотипа сорта. У 85% изученных коллекционных образцов относительная стабильность генотипа не превышала 10% (рис. 2).

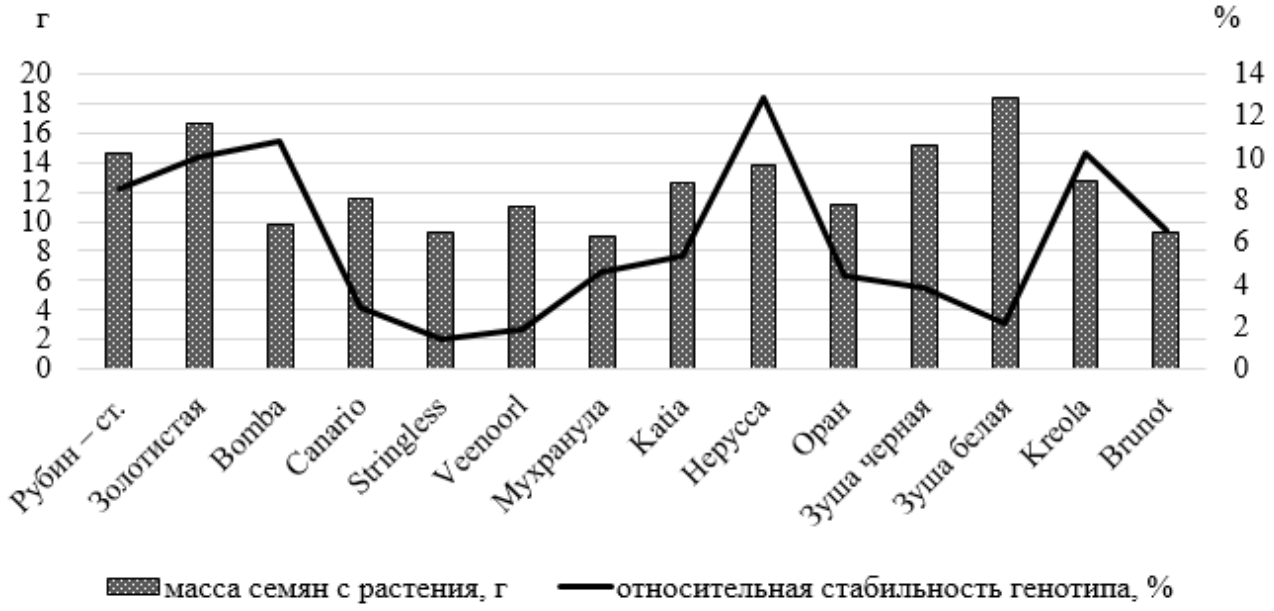


Рис. 2. Взаимосвязь относительной стабильности генотипа и массы семян с растения
Relationship between the relative stability of the genotype and the mass of seeds per plant

Сорта Stringless, Veenoorl, Зуша белая, Kreola, Canario, Katia, Зуша черная, Оран, Мухранула имеют отрицательный коэффициент регрессии, что свидетельствует о низкой пластичности и высокой стабильности образцов.

Высокий показатель параметра OACi отмечен у сортов Зуша белая и Золотистая. Обычно у таких генотипов наблюдаются высокие показатели среднего значения изучаемого признака, bi>1,0, средний уровень СЦГi [19]. В исследованиях такая закономерность практически подтвердилась, за исключением сорта Зуша белая (bi<1,0), а уровень СЦГi выделенных форм принимает максимальное значение (табл. 2).

Таблица 2

Селекционная ценность генотипов фасоли по признаку «масса семян с растения»
The breeding value of bean genotypes is based on the trait "seed weight per plant."

Сорт	Xi, г	bi	OACi	CACi	СЦГi
Рубин – стандарт	14,6± 0,5	1,47	2,1	1,23	3,80
Золотистая	16,6± 0,6	4,96	4,2	1,67	2,05
Bomba	9,8± 0,3	0,15	-2,7	1,05	0,57
Canario	11,6± 0,4	-0,80	-0,9	0,34	8,60
Stringless	9,2± 0,3	-2,32	-3,3	0,13	8,07
Veenoorl	11,0± 0,4	-2,05	-1,5	0,21	9,14
Мухранула	9,0± 0,3	-0,33	-3,5	0,41	5,39
Katia	12,6± 0,4	-0,78	0,1	0,68	6,68
Нерусса	13,8± 0,5	0,33	1,3	1,77	-1,77
Оран	11,1± 0,4	-0,42	-1,4	0,49	6,88
Зуша черная	15,2± 0,5	-0,49	2,7	0,59	9,96
Зуша белая	18,3± 0,5	-1,75	5,8	0,41	14,70
Kreola	12,8± 0,4	-0,90	0,3	1,30	1,39
Brunot	9,2± 0,3	1,46	-3,3	0,61	3,84

Масса 1000 семян. Признак «масса 1000 семян» позволяет определить пригодность сорта фасоли обыкновенной к механизированной уборке. Масса 1000 семян не должна превышать 400 г, так как у сортов с более крупными семенами отмечается склонность к растрескиванию семян при обмолоте и потере товарных качеств и как следствие – непригодность к переработке [21]. Установлено, что сорта Bomba, Stringless, Нерусса, Оран, Kreola и Brunot сочетают в генотипе оптимальное значение изучаемого признака и высокую стабильность (рис. 3).

По значению специфической адаптивной стабильности (CACi) можно сделать вывод о пластичности сорта [20]. Наибольшим показателем CACi по признаку «масса 1000 семян» обладал образец Canario (37,44). Сорт является наиболее адаптивным к изменяющимся условиям среды (табл. 3).



Рис. 3. Взаимосвязь относительной стабильности генотипа и массы 1000 семян
Relationship between the relative stability of the genotype and the weight of 1000 seeds

Таблица 3

Селекционная ценность генотипов фасоли по признаку «масса 1000 семян»
The breeding value of bean genotypes is based on the trait "weight of 1000 seeds."

Сорт	Xi, г	bi	OACi	CACi	СЦГi
Рубин – стандарт	482,2± 22,1	1,45	83,0	6,72	425,59
Золотистая	434,3± 20,3	1,67	35,2	26,30	212,86
Bomba	335,0± 15,2	1,06	-64,1	19,10	174,15
Canario	416,6± 18,3	1,50	17,5	37,44	101,45
Stringless	387,1± 17,8	1,54	-12,0	34,99	92,59
Veenoorl	482,5± 22,1	0,99	83,4	12,18	379,96
Мухранула	594,8± 27,1	2,29	195,7	44,68	218,77
Katia	459,4± 19,1	1,81	60,3	39,98	122,84
Нерусса	196,5± 11,1	-0,15	-202,6	2,70	173,80
Оран	301,2± 14,3	-0,69	-97,9	22,40	112,64
Зуша черная	285,3± 21,9	1,23	-113,8	37,50	-30,40
Зуша белая	534,1± 24,3	-0,38	135,0	32,63	259,40
Kreola	317,6± 14,4	0,70	-81,5	10,33	230,57
Brunot	361,3± 17,6	1,14	-37,8	28,40	122,24

Урожайность. Урожайность служит главным критерием экономической целесообразности возделывания сорта. Относительная стабильность генотипа характеризует устойчивость сорта к изменяющимся условиям произрастания. Установлено, что высокую урожайность и низкое значение параметра Sgi имеют образцы Золотистая, Veenoorl, Kreola (рис. 4).

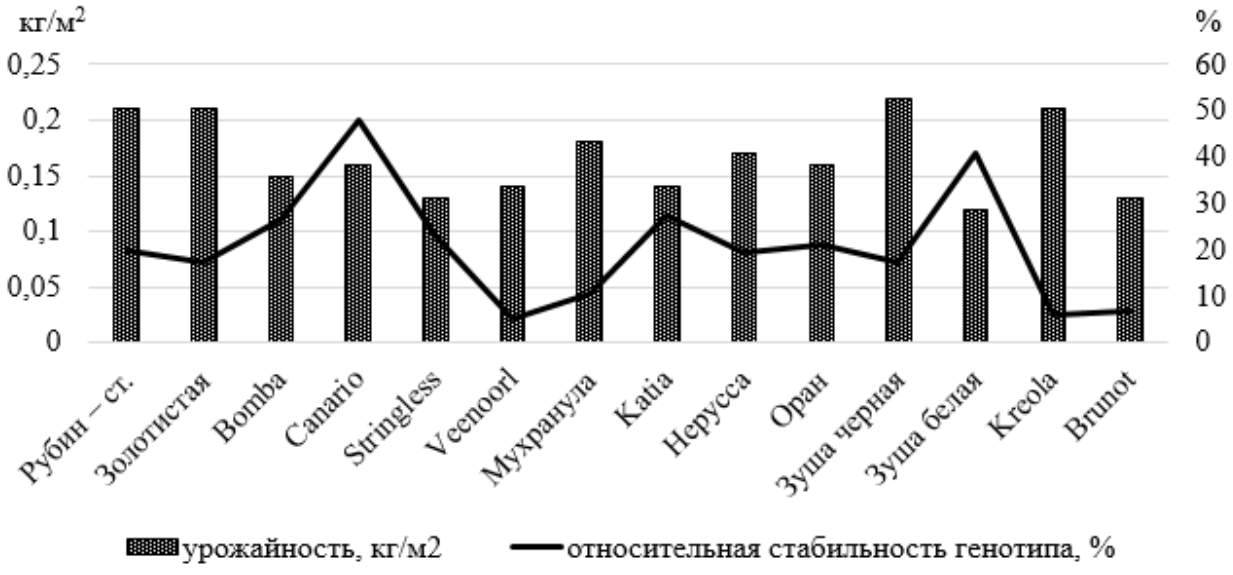


Рис. 4. Взаимосвязь относительной стабильности генотипа и урожайности
The relationship between the relative stability of the genotype and yield

Селекция на адаптивность направлена на получение сортов интенсивного типа, способных увеличивать продуктивность при улучшении агротехнических условий. Установлено, что сорта Veenoorl, Оран, Рубин относятся к сортам интенсивного типа, сочетающим высокие показатели по СЦГi и bi (табл. 4).

Таблица 4

Селекционная ценность генотипов фасоли по признаку «урожайность семян»
The breeding value of bean genotypes based on the trait “seed yield”

Сорт	Xi, кг/м^2	bi	OACi	CACi	СЦГi
Рубин – стандарт	0,21± 0,19	0,82	0,04	0,04	0,10
Золотистая	0,21± 0,19	0,53	0,05	0,04	0,12
Bomba	0,15± 0,13	0,91	-0,02	0,04	0,05
Canario	0,16± 0,14	1,35	-0,01	0,08	-0,04
Stringless	0,13 ± 0,02	0,79	-0,04	0,03	0,05
Veenoorl	0,14± 0,08	1,29	-0,03	0,01	0,12
Мухранула	0,18± 0,17	0,19	0,01	0,02	0,13
Katia	0,14 ± 0,13	0,77	-0,03	0,04	0,04
Нерусса	0,17± 0,15	-0,38	0,00	0,03	0,08
Оран	0,16± 0,10	1,19	-0,01	0,03	0,07
Зуша черная	0,22± 0,12	0,37	0,05	0,04	0,12
Зуша белая	0,12± 0,11	0,72	-0,05	0,05	-0,01
Kreola	0,21± 0,09	-1,18	0,04	0,01	0,18
Brunot	0,13± 0,11	0,30	-0,04	0,01	0,11

ВЫВОДЫ

1. Для отбора форм на адаптивную способность и стабильность в исследовании определена селекционная ценность генотипа по признакам числа бобов на растении, массы семян с растения, массы 1000 семян, урожайности семян.

2. Выявлены генотипы фасоли обыкновенной, сочетающие высокую урожайность со средовой устойчивостью, – Зуша черная, Золотистая.

3. Выделены сорта интенсивного типа:

- по числу бобов на растении: Зуша черная (bi=2,89; СЦГi=11,02), Нерусса (bi=2,64; СЦГi=8,19), Золотистая (bi=1,91; СЦГi=8,02);
- по массе семян с растения: Brunot (bi=1,46; СЦГi=3,84), Рубин (bi=1,47; СЦГi=3,80);
- по массе 1000 семян: Рубин (bi=1,45; СЦГi=425,59), Мухранула (bi=2,29; СЦГi=218,77);
- по урожайности семян: Veenoorl (bi=1,29; СЦГi=0,12), Оран (bi=1,19; СЦГi=0,07), Рубин (bi=0,82; СЦГi=0,10).

4. Образцы Veenoorl, Золотистая, Brunot, Рубин рекомендованы для включения в селекционные программы с целью создания новых адаптированных сортов фасоли зерновой.

БИБЛИОГРАФИЧСКИЙ СПИСОК

1. *Параметры* адаптивности и стабильности гетерозисных гибридов томата (*Solanum lycopersicum* L.) в грунтовых теплицах / И.Е. Баева, И.Г. Пугачева, М.М. Добродькин, А.В. Кильчевский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2021. – Т. 59, № 3. – С. 330–339. – DOI: 10.29235/1817-7204-2021-59-3-330-339.
2. *Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г.* Экологические методы селекции на адаптивность капусты белокочанной // Овощи России. – 2013.– № 3.– С. 10–14.

3. *Кильчевский А.В., Хотылева Л.В.* Оценка взаимодействия генотипа и среды в адаптивной селекции растений // Генетические основы селекции растений: в. 4 т. Т.1: Общая генетика растений. – Минск: Белорус. наука, 2008. – С. 50–80.
4. *Combining* Ability for Agromorphological and Physiological Traits in Different Gene Pools of Common Bean Subjected to Water Deficit / I.M. Arruda, V. Moda-Cirino, A. Koltun [et al.] // Agronomy. – 2019. – Vol. 9 (7). – P. 371.
5. *Begna T.* Combining ability and heterosis in plant improvement // Open J Plant. – 2021. – Sci 6 (1). – P. 108–117.
6. *Combining* ability analysis and gene action for yield and yield related traits in rice (Oryza sativa L.) under saline conditions / S.S. Kargbo, F. Showemimo, P. Akintokun, J. Porbeni // J Plant Breed Genet. – 2019. – Vol. 7. – P. 63–74.
7. *Dar Multivariate* analysis based on drought tolerance indices for screening drought tolerance in common bean *(Phaseolus vulgaris* L.) / Khalid Rehman, Parvaze A. Sofi, Asmat Ara, Sher A. // Electronic Journal of Plant Breeding. – 2019. – Vol. 10, N 1. – P. 177–186.
8. *Garipova S.R., Markova O.V., Samigullin S.N.* Productiveness and nodule ability of different varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) in Urals conditions // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural biology]. – 2015. – Vol. 50, N 1. – P. 55–62.
9. *Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Дмитриев А.М.* Урожайность и параметры адаптивности сортов и линий гороха посевного (*Pisum sativum* L.) в условиях Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (93). – С. 38–42. – DOI: 10.37670/2073-0853-2022-93-1-38-42.
10. *Стратегия* развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/law/hotdocs/77046.html (дата обращения: 28.04.2023).
11. *Методика* государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – М.: Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур, 1989. – 197 с.
12. *Оценка* сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris*) на адаптивность и клубенькообразующую способность в условиях лесостепи Приобья / О.Е. Якубенко, О.В. Паркина, Ч. Ван, Н. Нгуен // Овощи России. – 2023. – № 2. – С. 35–40.
13. *ФГБУ* «Госсорткомиссия» – Государственный реестр селекционных достижений: [сайт]. – URL: https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9607919/ (дата обращения: 28.04.2023).
14. *Коллекция* мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: метод. указания / под ред. М.А. Вишняковой. – СПб.: Копи-Р. Групп, 2010. – 142 с.
15. *Методические* указания по изучению образцов мировой коллекции фасоли. – СПб., 1987. – 60 с.
16. *Eberhart S.A., Russell W.A.* Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 3640.
17. *Корзун О.С., Бруйло А.С.* Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений: пособие. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 140 с.
18. *Путина О.В., Беседин А.Г.* Адаптивная способность и стабильность генотипов овощного гороха разных групп спелости // Овощи России. – 2020. – № 4. – С. 45–49. – https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-4-45-49.
19. *Добруцкая Е.Г., Смирнова А.М.* Адаптивность сортов и гибридов моркови столовой (Daucus carota L.) селекции ВНИИССОК // Картофель и овощи. – 2016. – № 3. – С. 37–38.
20. *Оценка* адаптивной способности и стабильности сибирского генофонда фасоли овощной / О.Е. Якубенко, О.В. Паркина, К.И. Попова, Д.А. Колупаев // Овощи России. – 2020. – № 1. – С. 35–41.
21. *Сортовые* и технологические особенности выращивания фасоли обыкновенной на семена в южной лесостепи Западной Сибири, как фактор устойчивости сельских территорий / Н.Г. Казыдуб, С.П. Кузьмина, С.В. Уфимцева, И.В. Смирнов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2020. – С. 164–168.

REFERENCES

1. Baeva I.E., Pugacheva I.G., Dobrod'kin M.M., Kil'chevskij A.V., *Vesci Nacyyanal'naj akademii navuk Belarusi, Seryya agrarnyh navuk*, 2021, T. 59, No. 3, pp. 330–339. (In Russ.)
2. Pivovarov V.F., Dobrutskaya E.G., *Ovoshhi Rossii*, 2013, No. 3, pp. 10–14. (In Russ.)
3. Kilchevsky A.V., Khotyleva L.V., *Geneticheskie osnovy selekcii rastenij. T.1: Obshhaja genetika rastenij*, Minsk: Belarus. Science, 2008, pp. 50–80. (In Russ.)
4. Arruda I.M., Moda-Cirino V., Koltun A., Zeffa D.M., Nagashima G.T., Gonçalves L.S.A., Combining Ability for Agromorphological and Physiological Traits in Different Gene Pools of Common Bean Subjected to Water Deficit, *Agronomy*, 2019, Vol. 9 (7), pp. 371.
5. Begna T., Combining ability and heterosis in plant improvement, *Open J Plant*, 2021, Sci 6 (1), pp. 108–117.
6. Kargbo S.S., Showemimo F., Akintokun P., Porbeni J., Combining ability analysis and gene action for yield and yield related traits in rice (Oryza sativa L.) under saline conditions, *J Plant Breed Genet*, 2019, Vol. 7, pp. 63–74.
7. Khalid Rehman, Parvaze A. Sofi, Asmat Ara, Sher A., Dar Multivariate analysis based on drought tolerance indices for screening drought tolerance in common bean (Phaseolus vulgaris L.), *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2019, Vol 10, No. 1, pp. 177–186.
8. Garipova S.R., Markova O.V., Samigullin S.N., *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2015, Vol. 50, No. 1, pp. 55–62. (In Russ.)
9. Davletov F.A., Gajnullina K.P., Dmitriev A.M., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, Vol. 1, pp. 38–42 (In Russ.)
10. *Strategiya razvitiya agropromyshlennogo i rybohozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 g*.: https://www.consultant.ru/law/hotdocs/77046.html. (In Russ.)
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vypusk vtoroj. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury* (Methodology for state variety testing of agricultural crops. Vol. 2: Cereals, cereals, legumes, corn and forage crops), Moscow: State Commission for Variety Testing agriculture plants, 1989, 197 p. (In Russ.)
12. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Wang Zh., Nguyen N.T., *Ovoshhi Rossii*, 2023, Vol. 2, pp. 35–40. (In Russ.)
13. *FGBU «Gossortkomissiya» – Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij*: https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9607919/ (Data obrashcheniya: 28.04.2023). (In Russ.)
14. *Collection of World Genetic Resources of Cereal Legumes VIR: Replenishment, Preservation and Study* (VIR Collection of World Grain Legume Genetic Resources: Replenishment, Conservation and Study), Sankt-Petersburg, 2010, 142 p. (In Russ.)
15. *Guidelines for the study of samples of the world collection of beans* (Guidelines for studying samples of the world bean collection), Leningrad, 1987, 60 p. (In Russ.)
16. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop Sci.*, 1966, Vol. 6 (1), pp. 3640.
17. Korzun O.S., Bruilo A.S., *Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants* (Adaptive features of selection and seed production of agricultural plants), Grodno: GSAU, 2011, 140 p.
18. Putina O.V., Besedin A.G., *Ovoshhi Rossii*, 2020, Vol. 4, pp. 45–49. (In Russ.)
19. Dobrutskaya E.G., Smirnova A.M., *Kartofel' i ovoshhi*, 2016, No. 3, pp. 37–38. (In Russ.)
20. Yakubenko O.E., Parkina O.V., Popova K.I., Kolupaev D.A., *Ovoshhi Rossii,* 2020, No. 1, pp. 35–41. (In Russ.)
21. Kazydub N.G., Kuz'mina S.P., Ufimceva S.V., Smirnov I.V., *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, pp. 164–168 (In Russ.)

УДК 62-1+631.17
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-96-107

МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Р.К. Расулов, младший научный сотрудник
А.К. Ламм, аспирант, младший научный сотрудник
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия
E-mail: rustam_rasulov_1998@mail.ru

Ключевые слова: технико-экономическое взаимодействие, цифровизация, аграрное производство, цифровой двойник, урожайность.

Реферат. *Условия функционирования российского АПК сегодня характеризуются не только недобросовестной конкуренцией на глобальных рынках, но и объективными трансформационными процессами. Изменения технологий производства сельскохозяйственной продукции, цифровизация всех сфер производства требуют перестройки работы сельскохозяйственных организаций. При этом обозначенные структурные изменения на уровне производителей сельскохозяйственной продукции должны исходить из анализа объективных производственных и экономических показателей: урожайности и рентабельности. Цель исследования заключается в моделировании процесса повышения урожайности зерновых культур, обусловленного применением цифровых двойников в различных сферах сельскохозяйственного производства. Задачи исследования: выделить модели применения цифровых двойников в процессе производства зерновых культур; разработать основные методические положения создания цифрового двойника сельскохозяйственной специализации; обозначить современную и перспективную роль цифровых двойников в сельскохозяйственном производстве. Научная новизна и практическая значимость результатов исследования: разработаны модели применения цифровых двойников сельскохозяйственной специализации по стадиям производственного процесса и инфраструктурным секторам его обеспечения; сформулированы концептуальные положения методических рекомендаций по разработке цифровых двойников сельскохозяйственной специализации; определены современное и перспективное значение цифровых двойников в процессе повышения урожайности зерновых, а также перспективы их использования в АПК.*

MODELS FOR INCREASING PRODUCTIVITY BASED ON THE INTEGRATED APPLICATION OF AGRICULTURAL DIGITAL TWINS

R.K. Rasulov, Junior researcher
A.K. Lamm, PhD student, Junior researcher
Federal Scientific Agroengineering Center Russian Research Institute of Agricultural Mechanization (RRIAM), Moscow, Russia
E-mail: rustam_rasulov_1998@mail.ru

Keywords: technical and economic interaction, digitalisation, agricultural production, digital twin, grain yield.

Abstract. *The operating conditions of the Russian agro-industrial complex today are characterised by unfair competition in global markets and objective transformation processes. Changes in agricultural production technologies and the digitalisation of all production areas require a restructuring of the work of farming organisations. At the same time, the indicated structural changes at the level of agricultural producers should be based on an analysis of objective production and economic indicators: yield and profitability. The purpose of the study is to model the process of increasing the yield of grain crops due to the use of digital twins in various areas of agricultural production. Research objectives: to identify models for the use of digital twins in the production of grain crops; develop introductory methodological provisions for creating a digital twin of agricultural specialisation; outline the current and future role of digital twins in agricultural production. Scientific novelty and practical significance of the research results: models for the use of digital twins of agricultural specialisation at the stages of the production process and infrastructure sectors for its support have been developed; conceptual provisions of methodological recommendations for the development of digital twins of agricultural specialisation have been formulated; the current and future significance of digital twins in the process of increasing grain yields has been determined, as well as the prospects for their use in the agricultural sector.*

Разработка технико-технологических решений по повышению урожайности сельскохозяйственных культур, в особенности зерновых, отвечает задачам государственной аграрной политики.

Цифровизация сельскохозяйственного производства является структурным сдвигом, обусловленным мировыми тенденциями урбанизации, деградации потенциала сельских территорий и т.д., которые порождают множество вызовов и угроз.

Основными вызовами и угрозами в агропроизводственной сфере сегодня являются снижение цен на сельскохозяйственное сырье и продовольствие, интенсификация деградации земель сельскохозяйственного назначения и т. д. [1–3].

Значимым аспектом актуальности темы исследования является свойство цифровых технологий, в частности цифровых двойников, реализовывать междисциплинарный (межотраслевой) подход при моделировании производственных и управленческих процессов в АПК и сельскохозяйственных организациях [4, 5].

Производственные отношения претерпевают существенные изменения при внедрении технологии цифровых двойников на предприятии. Формируется новая культура производственных отношений в отрасли и внешнем окружении сельскохозяйственных предприятий [6, 7].

Цель исследования заключается в моделировании процесса повышения урожайности зерновых культур с применением цифровых двойников.

Задачи исследования:

1) выделить модели применения цифровых двойников в процессе производства зерновых культур;

2) разработать основные методические положения разработки цифрового двойника сельскохозяйственной специализации;

3) обозначить современную и перспективную роль цифровых двойников в сельскохозяйственном производстве.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования:

1) разработаны модели применения цифровых двойников сельскохозяйственной специализации по стадиям производственного процесса и инфраструктурным секторам его обеспечения;

2) сформулированы концептуальные положения методических рекомендаций по разработке цифровых двойников сельскохозяйственной специализации;

3) определено современное и перспективное значение цифровых двойников в процессе повышения урожайности зерновых, а также перспективы их использования в АПК.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является процесс повышения урожайности зерновых культур посредством применения технологии цифровых двойников в различных сферах сельскохозяйственного производства.

Предмет исследования определяется условиями повышения урожайности зерновых культур, обусловленными применением цифровых двойников.

Методология исследования основана на инструментарии технолого-производственного, отраслевого, цифрового подходов.

Основой исследования выступили методические положения разработки цифрового двойника, развитие которых осуществлялось методом соотношения с технологическими требованиями производства зерновых культур.

В ходе исследования применялся комплекс общенаучных методов исследования: абстрактно-логический, технико-экономический, расчетно-конструктивный, графический, монографический и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность зерновых является показателем, отражающим технико-технологические инновации в растениеводстве. Потенциал её повышения раскрывается посредством совершенствования селекции, разработки или совершенствования технологии возделывания, разработки или модернизации специальной техники, которая осуществляет производственные процессы и операции.

Концептуальная модель повышения урожайности зерновых культур представлена на рисунке.



Концептуальная модель повышения урожайности зерновых культур

A conceptual model for increasing grain yields

На рисунке показано, что урожайность является наукоёмким показателем, при этом максимально отдалённым от конъюнктурных воздействий.

Повышение урожайности достигается созданием и культивированием сортов зерновых культур, адаптированных к природно-климатическим условиям возделывания.

Именно на стадии выведения сорта зерновых культур закладываются параметры, позволяющие обеспечить достижение необходимых товарных свойств. В частности, производимое зерно (например, пшеница) должно соответствовать хлебопекарным требованиям (табл. 1).

Ориентируясь на показатели, представленные в табл. 1, можно определить границы обеспечения уровня товарности зерна и его класс. Их достижение возможно при обеспечении определённых условий возделывания – технологии.

Технология возделывания сельскохозяйственной культуры включает в себя комплекс не только технических рекомендаций, но и условий использования земли.

Таблица 1

Стандартизированные нормативные технологические показатели качества сортов пшеницы
Standardised normative technological indicators of the quality of wheat varieties

Показатель	Сильная (улучшитель)	Средняя по силе (ценная по качеству)	Филлер	Слабая
Стекловидность, %	Не менее 60	Не менее 45	Не менее 40	Не ограничивается
Белок, %	Не менее 13,5	Не менее 12,5	Не менее 11,0	Не менее 8,0
Клейковина, %	Не менее 28,0	Не менее 25,0	Не менее 22,0	Не менее 16,0
Валориметрическая оценка, е.в.	Не менее 70,0	Не менее 55,0	Не менее 30,0	Менее 30
Разжижение, е.ф.	Не более 70	Не более 90	Не более 150	Более 150
Сила муки, е.а.	310–400	170–300	130–180	90–130
Объём хлеба, мл	850–2300			
ИДК, у.п.	43–85	40–90	35–90	18–102
Общая хлебопекарная оценка, баллов	4,5–4,7	3,6–4,4	3,0–3,5	Менее 3,0

Источник: составлено по данным ГОСТов [7–23].

Технологические условия предполагают учёт принципа агроценоза, т.е. необходимо полностью учитывать как вегетативные условия возделывания сорта культуры, так и влияние сельскохозяйственного производства на биоценозы (отношения видов определённых природных ниш, например, почвы) и функционирование природных систем (например, подземные воды).

Выращивание различных сортов сельскохозяйственных культур предполагает применение пестицидов и удобрений. Помимо их использования сельскохозяйственной культурой в процессе вегетации, они оказывают влияние на состав почвы – условия жизнидеятельности микроорганизмов.

Важнейшим фактором достижения планово-сортового уровня урожайности и его повышения является качество реализации производственных операций. Оно, в свою очередь, обеспечивается применением специальной техники.

Специализированная сельскохозяйственная техника позволяет повысить урожайность как за счёт уменьшения потерь урожая при выполнении производственных операций, так и сокращения их сроков, особенно при уборке урожая.

Агротехнологические сроки, установленные для зерновых культур в разных районах России, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Агротехнологические сроки уборки зерновых колосовых культур по зонам Российской Федерации
Agrotechnological terms for harvesting cereal crops by zones of the Russian Federation

Зоны возделывания	Агротехнологический срок уборки, сут	Нормативная урожайность, ц/га
1	2	3
Всего по России	-	34,0
Северо-Западный район	10	21,7
Центрально-Нечернозёмный район	10	28,3
Волго-Вятский район	10	19,8
Центрально-Черноземный район	15	37,2
Поволжский район	7	30,7

Окончание табл. 2

1	2	3
Северо-Кавказский район	6	45,9
Уральский район	10	20,0
Западно-Сибирский район	10	17,6
Восточно-Сибирский район	10	17,3
Дальневосточный район	10	9,8

Источник: [24].

Данные табл. 2 относительно агротехнологических сроков являются усреднёнными, как и данные по нормативной урожайности. Для каждого района разработаны адаптированные к местным природно-климатическим условиям сорта.

Повышение урожайности зерновых посредством совершенствования организационно-экономических условий использования сельскохозяйственной техники и оборудования требует решения двух проблем.

Во-первых, следует отметить наличие хозяйственно-экономического парадокса, заключающегося в экономической рентабельности применения простой сельскохозяйственной техники производителями зерновых культур в регионах России с неблагоприятными для ведения сельского хозяйства условиями. При этом отечественная техника допускает больший объём потерь урожая по сравнению с зарубежной. Но у зарубежной аналогичной или более мощной техники и агрегатов существенно выше объём затрат на ремонт и обслуживание, а также более высокие требования к квалификации работников [25].

Во-вторых, период уборки зерновых приходится на период с высоким риском выпадения осадков, зачастую затяжного характера, что существенно увеличивает риски потерь урожая. Уменьшение данных рисков возможно за счёт увеличения числа уборочной техники и сокращения сроков уборки до 2–3 суток. Такой подход предполагает повышение затрат сельхозтоваропроизводителей, связанных с необходимостью содержания специальной сельскохозяйственной техники в межсезонный период.

Как показано на рисунке, оценка результативности мер по повышению урожайности осуществляется на основе показателя рентабельности. Он показывает целесообразность реализации мероприятий по увеличению урожайности, т.к. рост экономических показателей имеет предел, определяемый эффектом масштаба. Другими словами, необходимо соизмерять предельные затраты и предельную прибыль на производство дополнительной единицы продукции.

Представленное выше описание процесса повышения урожайности зерновых культур по ключевым направлениям показывает, что рассматриваемый процесс является многофакторным и многообъектным. Его моделирование требует формирования больших данных различного информационного характера, а также выявления и описания множества связей.

Перед агрономами и производителями сельскохозяйственного сырья, в аспекте накопленных знаний и различных структурных сдвигов, влияющих на сферу аграрного производства, встаёт хозяйственная проблема – учёт особенностей и требований сельскохозяйственного производства при выращивании зерновых культур с обеспечением рентабельности и устойчивости.

Решение обозначенной важной хозяйственной проблемы возможно на основе применения технологии цифровых двойников на различных стадиях организации и реализации производственного процесса.

Цифровой двойник – компьютерная (математическая) модель, имеющая связь с реальным физическим объектом [26].

Применение моделей цифровых двойников для повышения урожайности зерновых культур представлено в табл. 3.

Таблица 3

Применение моделей цифровых двойников для повышения урожайности зерновых культур
Application of digital twin models to increase grain yields

Модель цифрового двойника	Направления повышения урожайности зерновых культур		
	Селекция	Технология	Техника
Цифровой двойник биообъекта / рабочего органа	Моделирование геометрии зерна	Моделирование структуры почв и их геометрии	Проектирование рабочего органа с инновационными характеристиками
	Формирование информационно-аналитической базы	Формирование информационно-аналитической базы	Проведение виртуальных экспериментов
			Формирование информационно-аналитической базы
Цифровой двойник процесса	Моделирование процесса роста сорта зерновой культуры	Моделирование климатических условий в течение вегетационного периода	Моделирование процесса взаимодействия с биообъектами
		Моделирование параметров возделывания сорта зерновой культуры	Проектирование ландшафтных особенностей конкретных обрабатываемых участков
Цифровой двойник системы	Моделирование агроценоза		

Источник: собственные исследования.

Представленные в табл. 3 модели применения цифровых двойников сельскохозяйственной специализации распределены по укрупнённым стадиям производственного процесса и его инфраструктурного обеспечения.

При решении научно-практической задачи по разработке цифрового двойника в ходе исследования были сформулированы соответствующие научно-методические положения.

Концептуальные положения методических рекомендаций по разработке цифровых двойников сельскохозяйственной специализации:

1. Алгоритм создания цифрового двойника.

1.1. Определение цели создания цифрового двойника.

1.2. Определение параметров цифрового двойника.

1.3. Определение способа разработки цифрового двойника.

1.4. Разработка математической модели цифрового двойника.

1.5. Формирование информационного каркаса цифрового двойника.

1.6. Валидация цифрового двойника.

1.7. Обеспечение связи с физическими объектами.

1.8. Интеграция цифровых двойников различных моделей.

2. Подготовительный этап.

2.1. Определение цели создания цифрового двойника.

Цель разработки цифрового двойника определяется на основе анализа существующих проблем и вызовов, связанных с проектированием, использованием и оптимизацией объекта.

Целями разработки цифрового двойника могут быть: улучшение производительности; оптимизация работы; снижение затрат; сокра-

щение негативного влияния на окружающую среду и др.

2.2. Определение цели разработки цифрового двойника является основанием формирования системы требований, задач, решаемых цифровым двойником.

Задачи и требования должны быть измеримы и давать возможность сформулировать ожидаемые результаты, показатели эффективности.

2.3. Параметры цифрового двойника.

Цифровой двойник представляет собой комплекс показателей, отражающих основные характеристики описываемых объектов.

Следует определить характеристики, наиболее полно отражающие структуру объекта, возможные ограничения и ограничивающие факторы.

2.4. Информационный каркас цифрового двойника.

Цифровой двойник основывается на моделировании структуры.

Требуется сформировать массивы (базы) данных по показателям, отражающим специфику описываемого объекта, а также базы данных, учитывающих воздействие динамических факторов.

Целесообразно сформировать библиотеку моделей и алгоритмов поведения при воздействии динамических факторов разной комбинации и силы.

3. Этап разработки цифрового двойника.

3.1. Разработка цифрового двойника возможна на основе использования собственного, внешнего и смешанного (собственного с внешним) программного обеспечения.

Исходя из требований обеспечения технологического суверенитета и класса задач, для решения которых используется технология цифровых двойников, рекомендуется выбирать отечественное программное обеспечение.

Выбор программного обеспечения необходимо осуществлять с учётом уровня возможности изменения исходных настроек моделирования.

Программное обеспечение должно формировать возможность интеграции с другими программными продуктами аналогичного класса.

Создание собственного программного обеспечения целесообразно в случае отсутствия на рынке программных решений, удовлетворяющих уникальным требованиям разрабатываемого цифрового двойника.

3.2. Разработка математической модели цифрового двойника.

Основой математической модели является перечень параметров цифрового двойника.

Математическая модель должна учитывать физические законы, математические уравнения, описывающие поведение объекта при различных параметрах структуры и воздействия.

Высокий уровень реалистичности и точности цифрового двойника достигается при использовании данных, полученных с объекта.

Математическая модель должна учитывать воздействие динамических факторов.

3.3. Создание цифрового двойника.

Создание цифрового двойника осуществляется в рамках программного обеспечения.

Цифровой двойник может быть сформирован посредством применения нуль-, одно-, многомерного моделирования.

Выбор размерности цифрового двойника определяется возможностями расчёта и программного обеспечения.

Представление результатов работы цифрового двойника возможно в формате таблицы параметров с соответствующим описанием и пояснением.

Цифровой двойник должен содержать инструменты обеспечения безопасности данных, безопасности доступа к цифровому двойнику и безопасности цифрового двойника в рамках интеграционной системы.

Необходимо уделить повышенное внимание конфиденциальности и защите коммерческих и интеллектуальных прав, связанных с цифровым двойником.

4. Валидация цифрового двойника.

4.1. Цифровой двойник тестируется на адекватность результатов и соответствие их логике.

4.2. Верификация компьютерной модели. Проводится по итогам её разработки и в случае необходимости по итогам тестирования цифрового двойника.

4.3. Натурные испытания проводятся на физическом объекте, являющемся прототипом (физической частью) цифрового двойника.

Представленные концептуальные научно-методические положения по разработке цифровых двойников сельскохозяйственной

специализации показывают высокий уровень наукоёмкости и трудоёмкости создания и эксплуатации цифрового двойника.

Сегодня в АПК России технологию применяет около 1,5% сельскохозяйственных организаций [27].

Учитывая ограничения на приобретение иностранной сельскохозяйственной техники, значение технологии цифровых двойников существенно возрастает за счёт их применения как для разработки и производства отечественных сельскохозяйственных машин и оборудования, так и в системе планирования работы, ремонта и обслуживания имеющегося у производителей сельскохозяйственной продукции парка сельхозтехники.

Значение применения цифровых двойников в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, в частности зерновых, определяется повышением уровня урожайности за счёт увеличения точности планирования (моделирования) сельскохозяйственных работ, сокращения затрат на производственную логистику, ремонт и обслуживание парка сельскохозяйственных машин и оборудования.

Особое значение имеют цифровые двойники систем, например, сельскохозяйственных организаций, позволяющие находить оптимальные решения в системе «урожайность – рентабельность», обеспечивая максимизацию использования производственных мощностей.

Перспективное значение цифровых двойников в процессе повышения урожайности зерновых определяется включением в их структуру блока сбора и анализа локальных метеорологических данных [28].

Разработка цифровых двойников в рамках исследования рассматривается с позиций их сельскохозяйственной специализации, что раскрывается применением данной технологии на этапах селекционной работы и определения технологии выращивания.

В научной литературе разработка цифровых двойников рассматривается через функциональные стадии, от простейшего – начального до автономного [29]. Их создание определяется также целями, уровнем адекватности, отношением к реальному объекту (характером связи с ним) и т.д. [30].

Применение цифровых двойников в сельскохозяйственном производстве является нормой государственной аграрной политики и системы мер по достижению национальной цели развития – цифровизации отраслей [31].

Цифровизация АПК приводит к изменениям практик взаимодействия в сельских территориях [6], что требует учёта данных процессов при цифровом моделировании функционирования сельскохозяйственной организации и производственного процесса в части взаимодействия с контрагентами.

Влияние цифровизации АПК в целом и отдельных практик взаимодействия в рамках производства широко рассматривается в контексте глобальных и национальных трансформаций аграрного сектора [6, 1, 7].

Полученные результаты рассмотрения применения цифровых двойников для повышения урожайности зерновых культур, представленные в качестве анализа различных связей с хозяйственно-экономическими показателями, нашли подтверждение в исследованиях междисциплинарного характера: в сфере экономики [3–5], определившие цифровизацию как новую форму экономического взаимодействия; в институциональной сфере [2], выявившие технологические сдвиги в производстве зерновых культур, в т.ч. обусловленные цифровизацией вторичного и суверенного характера, а также определившие перспективы применения цифровых технологий в АПК; в технико-технологической сфере производства зерновых культур [32], обозначившие направления совершенствования производственного процесса; в технико-технологической сфере [33–36], характеризующие направления развития агроинженерных цифровых систем в сельском хозяйстве и приоритетные направления научно-технологического развития сельскохозяйственного машиностроения.

ВЫВОДЫ

1. Повысить урожайность зерновых возможно на основе применения различных моделей цифровых двойников (биообъектов (рабочих органов), процессов и систем), получая эффект от каждого из них как в форме сокращения потерь урожая и производственных расходов, так и посредством повышения качества управления.

2. Применение цифровых двойников с целью повышения урожайности целесообразно на всех стадиях сельскохозяйственного производства, начиная с селекционной работы.

3. Создание и эксплуатация цифровых двойников сельскохозяйственного назначения требует научно-методического обеспечения, учитывающего особенности технологии выращивания сельскохозяйственных культур.

4. Перспективы применения цифровых двойников для повышения урожайности связаны с расширением их информационно-аналитического функционала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Развитие* бережливого производства: принципы, подходы, направления реализации: метод. указания / Е.И. Семенова, О.А. Родионова, А.С. Труба [и др.]. – М.: Сам Полиграфист, 2019. – С. 117.
2. *Совершенствование* институциональной инфраструктуры АПК: вопросы теории и практики: монография / под ред. акад. РАН А.Н. Семина. – М.: КОЛ ЛОК, 2023. – С. 8–123; 278–330.
3. *Кислицкий М.М.* Трансформация условий и экономических отношений в системе обеспечения населения продовольствием: монография. – М.: ВНИИЭСХ, 2018. – С. 22–39.
4. *Стадник А.Т., Кабаков В.М., Кабакова О.Г.* Техническая оснащённость сельскохозяйственного производства региона и пути её совершенствования // Вестник Новосибирского государственного университета. – 2018. – № 1. – С. 54, 166–173.
5. *Теория*, методология и практика реализации эквивалентных межотраслевых отношений в АПК: монография / под ред. проф. О.А. Родионовой. – М.: Фонд «Кадровый резерв», 2019. – С. 24.
6. *Кислицкий М.М., Логачева О.В.* Трансформация социально-экономических практик сельского населения под воздействием цифровых структурно-технологических изменений в сельскохозяйственных организациях // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. – 2019. – № 3. – С. 119–129. – DOI: 10.24411/2071-6435-2019-10094. 6.
7. *Трансформационные* процессы и адаптация хозяйствующих субъектов аграрной сферы: монография / под науч. ред. проф. О.А. Родионовой. – М.: Сам Полиграфист, 2020. – С. 106.
8. *ГОСТ ISO 3093* Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга–Пертена. – М.: Стандартинформ, 2016.
9. *ГОСТ ISO 5530-1*. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Часть 1: Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фариографа. – М.: Стандартинформ, 2014.
10. *ГОСТ ISO 7973* Зерно и зернопродукты. Определение вязкости с применением амилографа. – М.: Стандартинформ, 2014.
11. *ГОСТ 9353* Пшеница. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019.
12. *ГОСТ 10940* Зерно. Методы определения типового состава. – М.: Стандартинформ, 2009.
13. *ГОСТ 10967* Зерно. Методы определения запаха и цвета. – М.: Стандартинформ, 2019.
14. *ГОСТ 10840* Зерно. Метод определения натуры. – М.: Стандартинформ, 2019.
15. *ГОСТ 10846* Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – М.: Стандартинформ, 2009.
16. *ГОСТ 10987* Зерно. Методы определения стекловидности. – М.: Стандартинформ, 2009.
17. *ГОСТ 13496.20* Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения остаточных количеств пестицидов. – М.: Стандартинформ, 2014.
18. *ГОСТ 13586.1* Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – М.: Стандартинформ, 2009.
19. *ГОСТ 13586.3* Зерно. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2019.
20. *ГОСТ 13586.4* Зерно. Методы определения зараженности и поврежденности вредителями. – М.: Стандартинформ, 2009.
21. *ГОСТ 13586.5* Зерно. Метод определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2019.
22. *ГОСТ 13586.6* Зерно. Методы определения зараженности вредителями. – М.: Стандартинформ, 2009.

23. *ГОСТ 34165* Зерновые, зернобобовые и продукты их переработки. Методы определения загрязненности насекомыми-вредителями. – М.: Стандартинформ, 2018.
24. *Нормы* технологического проектирования семейных ферм зернового направления и зернообрабатывающих предприятий малой площади (НТП 16 М-93): утв. Минсельхозом России 29.10.1993 г. – М., 1993.
25. *Сёмин А.Н., Иовлев Г.А.* Сравнительный анализ эффективности функционирования отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – № 5. – С. 17–21.
26. *ГОСТ Р 57700.37–2021* Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – М.: Рос. ин-т стандартизации, 2021.
27. *Эффекты* от применения цифровых двойников в сельском хозяйстве / Я.П. Лобачевский, Д.А. Миронов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1 (103). – С. 71–78. – DOI: 10.21515/1999-1703-103-71-78.
28. *Лобачевский Я.П., Дорохов А.С.* Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 6–10.
29. *Цифровые* и проектные ориентиры трансформации экономического взаимодействия хозяйствующих субъектов аграрной сферы: монография / В.В. Милосердов, О.А. Родионова, Е.И. Семёнова [и др.]; под науч. ред. О.А. Родионовой. – М.: Сам Полиграфист, 2021. – С. 35.
30. *Боровков А.И., Рябов Ю.А., Гамзикова А.А.* Типологизация цифровых двойников (Digital Twins) // Кластеризация цифровой экономики: Глобальные вызовы: сб. тр. нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. – СПб.: Политех-Пресс, 2020. – Т. 2. – С. 473–482.
31. *Стратегическое* направление в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.12.2021 № 3971-р. – М., 2021.
32. *Сёмин А.Н., Иовлев Г.А.* Исследование эффективности технологического процесса обмолота зерновых культур // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2018. – № 7. – С. 25–27.
33. *Результаты* научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 3 (297). – С. 2–9.
34. *Результаты* научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве (окончание) / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 4 (298). – С. 2–6.
35. *Приоритетные* направления научно-технологического развития отечественного тракторостроения / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – №2. – С. 3–5.
36. *Приоритетные* направления научно-технологического развития отечественного тракторостроения / Ю.Ф. Лачуга, А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – №3. – С. 2–4.

REFERENCES

1. Semenova E.I., Rodionova O.A., Truba A.S. [i dr.], *Razvitie berezhlivogo proizvodstva: principy, podhody, napravlenija realizacii* (Development of lean manufacturing: principles, approaches, directions for implementation), Moscow: Sam Poligrafist, 2019, pp. 117.
2. *Sovershenstvovanie institucional'noj infrastruktury APK: voprosy teorii i praktiki* (Improving the institutional infrastructure of the agro-industrial complex: issues of theory and practice), pod red. akad. RAN A.N. Semina, Moscow: KOL LOK, 2023, pp. 8–123; 278–330.
3. Kislickij M.M., *Transformacija uslovij i jekonomicheskih otnoshe-nij v sisteme obespechenija naselenija prodovol'stviem* (Transformation of conditions and economic relations in the food supply system), Moscow: VNIIJeSH, 2018, pp. 22–39.
4. 4. Stadnik A.T., Kabakov V.M., Kabakova O.G., *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta,* 2018, No. 1, pp. 54, 166–173. (In Russ.)

5. *Teorija, metodologija i praktika realizacii jekvivalentnyh mezhotras¬levyh otnoshenij v APK* (Theory, methodology and practice of implementing equivalent intersectoral relations in the agro-industrial complex), pod red. prof. O.A. Rodionovoj, Moscow: Fond «Kadrovyj rezerv», 2019, pp. 24.
6. Kislickij M.M., Logacheva O.V., *JeTAP: Jekonomicheskaja Teorija, Analiz, Praktika*, 2019, No. 3, pp. 119–129, DOI: 10.24411/2071-6435-2019-10094. 6.
7. *Transformacionnye processy i adaptacija hozjajstvujushhih sub#ektov agrarnoj sfery* (*Трансформационные* процессы и адаптация хозяйствующих субъектов аграрной сферы), pod nauch. red. prof. O.A. Rodionovoj, Moscow: Sam Poligrafist, 2020, pp. 106.
8. *GOST ISO 3093 Zerno i produkty ego pererabotki. Opredelenie chisla padenija metodom Hagberga–Pertena*, Moscow: Standartinform, 2016. (In Russ.)
9. *GOST ISO 5530-1*, *Muka pshenichnaja. Fizicheskie harakteristiki testa. Chast' 1: Opredelenie vodopogloshhenija i reologicheskih svojstv s primeneniem farinografa*, Moscow: Standartinform, 2014. (In Russ.)
10. *GOST ISO 7973 Zerno i zernoprodukty. Opredelenie vjazkosti s primeneniem amilografa*, Moscow: Standartinform, 2014. (In Russ.)
11. *GOST 9353 Pshenica. Tehnicheskie uslovija*, Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.)
12. *GOST 10940 Zerno. Metody opredelenija tipovogo sostava*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
13. *GOST 10967 Zerno. Metody opredelenija zapaha i cveta*, Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.)
14. *GOST 10840 Zerno. Metod opredelenija natury*, – Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.)
15. *GOST 10846 Zerno i produkty ego pererabotki. Metod opredelenija belka*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
16. *GOST 10987 Zerno. Metody opredelenija steklovidnosti*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
17. *GOST 13496.20 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metod opredelenija ostatochnyh kolichestv pesticidov*, Moscow: Standartinform, 2014. (In Russ.)
18. *GOST 13586.1 Zerno. Metody opredelenija kolichestva i kachestva klejkoviny v pshenice*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
19. *GOST 13586.3 Zerno. Pravila priemki i metody otbora prob*. Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.)
20. *GOST 13586.4 Zerno. Metody opredelenija zarazhennosti i povrezhdennosti vrediteljami*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
21. *GOST 13586.5 Zerno. Metod opredelenija vlazhnosti*, Moscow: Standartinform, 2019. (In Russ.)
22. *GOST 13586.6 Zerno. Metody opredelenija zarazhennosti vrediteljami*, Moscow: Standartinform, 2009. (In Russ.)
23. *GOST 34165 Zernovye, zernobobovye i produkty ih pererabotki. Metody opredelenija zagrjaznennosti nasekomymi-vrediteljami*, Moscow: Standartinform, 2018. (In Russ.)
24. *Normy tehnologicheskogo proektirovanija semejnyh ferm zernovogo napravlenija i zernoobrabatyvajushhih predprijatij maloj ploshhadi* (Standards for technological design of family grain farms and small grain processing enterprises), (NTP 16 M-93): utv. Minsel'hozom Rossii 29.10.1993 g., Moscow, 1993.
25. Sjomin A.N., Iovlev G.A., *Jekonomika sel'skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij*. 2018, No. 5, pp. 17–21. (In Russ.)
26. *GOST R 57700.37–2021 Komp'juternye modeli i modelirovanie. Cifrovye dvojniki izdelij. Obshhie polozhenija*, Moscow: Ros. in-t standartizacii, 2021.
27. Lobachevskij Ja.P., Mironov D.A. [i dr.], *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 1 (103), pp. 71–78, DOI: 10.21515/1999-1703-103-71-78. (In Russ.)
28. Lobachevskij Ja.P., Dorohov A.S., *Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii*, 2021, T. 15, No. 4, pp. 6–10. (In Russ.)
29. Miloserdov V.V., Rodionova O.A., Semjonova E.I. [i dr.], *Cifrovye i proektnye orientiry transformacii jekonomicheskogo vzaimo¬dejstvija hozjajstvujushhih sub#ektov agrarnoj sfery* (), pod nauch. red. O.A. Rodionovoj, Moscow: Sam Poligrafist, 2021, pp. 35.
30. Borovkov A.I., Rjabov Ju.A., Gamzikova A.A., *Klasterizacija cifrovoj jekonomiki: Global'nye vyzovy* (Clustering the digital economy: Global challenges), Proceedings of the conference Title, Sankt–Peterburg: Politeh-Press, 2020, T. 2, pp. 473–482. (In Russ.)
31. *Strategicheskoe napravlenie v oblasti cifrovoj transformacii ot¬raslej agropromyshlennogo i rybohozjajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda*: utv. Rasporjazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29.12.2021 № 3971-r., Moscow, 2021. (In Russ.)

32. Sjomin A.N., Iovlev G.A., *Jekonomika sel'skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij*, 2018, No. 7. pp. 25–27. (In Russ.)
33. Lachuga Ju.F., Izmajlov A.Ju., Lobachevskij Ja.P., Shogenov Ju.H., *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, 2022, No. 3 (297), pp. 2–9. (In Russ.)
34. 34 Lachuga Ju.F., Izmajlov A.Ju., Lobachevskij Ja.P., Shogenov Ju.H., *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, 2022, No. 4 (298), pp. 2–6. (In Russ.)
35. Lachuga Ju.F., Izmajlov A.Ju., Lobachevskij Ja.P. [i dr.], *Sel'skij mehanizator*, 2021, No. 2, pp. 3–5. (In Russ.)
36. Lachuga Ju.F., Izmajlov A.Ju., Lobachevskij Ja.P. [i dr.], *Sel'skij mehanizator*, 2021, No. 3, pp. 2–4. (In Russ.)

УДК 632.937.14:633.353
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-108-115

ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНОГО ГРИБА *METARHIZIUM ROBERTSII* НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КОРМОВЫХ БОБОВ СОРТА СИБИРСКИЕ

[1]Т.А. Садохина, кандидат сельскохозяйственных наук
[2]А.Н. Садохин, студент
[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирск, Россия
[2]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: sadohina78@yandex.ru

Ключевые слова: эндофитный гриб, урожайность, устойчивость, стимуляция роста, *Metarhizium robertsii.*

Реферат. *Представлены результаты изучения влияния эндофитного гриба Metarhizium robertsii на рост и развитие кормовых бобов сорта Сибирские. Эндофиты — чрезвычайно распространенные разнообразные микроорганизмы, которые живут в здоровых тканях хозяина, не вызывая видимых симптомов болезней. Исследования проведены в 2020–2022 гг. Предпосевная обработка семян кормовых бобов (Vicia faba L.) энтомопатогенным грибом M. robertsii с последующим выращиванием в полевых условиях способствовала ускорению ростовых процессов, формированию большей биологической массы и увеличению урожайности. Эффективность энтомопатогенного гриба M. robertsii оценивали в полевом опыте в условиях лесостепной зоны Западной Сибири на черноземе выщелоченном. Использование на кормовых бобах M. robertsii достоверно увеличивало урожайность зерна на 10–15% в зависимости от условий года в 2020 и 2022 гг. (тест Манна-Уитни, p = 0,036715 и 0,012186 соответственно), высоту растений – на 6–16 см (тест Манна-Уитни, p = 0,010023), а также облиственность и массу 1000 зерен. Установлено достоверное увеличение числА активных клубеньков на корнях растений кормовых бобов, на которых применялась обработка M. robertsii. Полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка семян бобов энтомопатогенным грибом M. robertsii перед посевом позволяет повысить урожайность культуры и стимулировать ростовые процессы. В перспективе этот прием может использоваться в сельскохозяйственной практике на других бобовых культурах. Настоящая работа является первым исследованием влияния энтомопатогенных грибов на кормовые бобы при выращивании в условиях континентального климата Западной Сибири.*

INFLUENCE OF THE ENDOPHYTIC FUNGUS *METARHIZIUM ROBERTSII* ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF FORAGE BEANS SIBERIAN VARIETIES

[1]T.A. Sadokhina, PhD in Agricultural Sciences
[2]A.N. Sadokhin, student
[1]Siberian Federal Scientific Center forAgrobiotechnologies RAS,
Novosibirsk, Russia
[2]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: sadohina78@yandex.ru

Keywords: endophytic fungus, productivity, resistance, growth stimulation, *Metarhizium robertsii*

Abstract. *The results of studying the influence of the endophytic fungus Metarhizium robertsii on the growth and development of fodder beans of the Sibirskie variety are presented. Endophytes are ubiquitous, diverse microorganisms that live in healthy host tissues without causing visible disease symptoms. The studies were conducted in 2020–2022. Pre-sowing treatment of broad bean seeds (Vicia faba L.) with the entomopathogenic fungus M. robertsii, followed by cultivation in field conditions, contributed to the acceleration of growth processes, the formation of greater biological mass and increased yield. The effectiveness of the entomopathogenic fungus M. robertsii was assessed in a field experiment on leached chernozem in the forest-steppe zone of Western Siberia. M. robertsii on broad beans significantly increased grain yield by 10–15% depending on year conditions in 2020 and 2022. (Mann-Whitney test, p = 0.036715 and 0.012186, respectively), plant height - by 6–16 cm (Mann-Whitney test, p = 0.010023), foliage, and weight of 1000 grains. A significant increase in active nodules on the roots of broad bean plants treated with M. robertsii was established. The results indicate that treating bean seeds with the entomopathogenic fungus M. robertsii before sowing can increase crop yield and stimulate growth processes. In*

the future, this technique can be used in agricultural practice on other legumes. This work is the first study of the influence of entomopathogenic fungi on broad beans when grown in the continental climate of Western Siberia.

Кормовые бобы (*Vicia faba* L.) – одна из древнейших культур, возделываемая в настоящее время в 58 странах мира и занимающая третье место среди зернобобовых [1]. В настоящее время они получили наибольшее распространение в странах Средиземноморья (Западная Европа, Египет и др.), а также в Бразилии. Средняя урожайность кормовых бобов составляет 1,5 т/га, т. е. на уровне средней для всех зернобобовых культур.

В нашей стране в 2005 г. площади возделывания кормовых бобов насчитывали около 20 тыс. га, в настоящее время точных данных по посевным площадям этой культуры нет. Селекция кормовых бобов ведется в очень мизерных масштабах. Однако с учетом современного положения в мировом и отечественном земледелии площади под этой ценнейшей зернобобовой культурой должны быть расширены, тем более в Сибири выведен свой сорт кормовых бобов – Сибирские.

Бобы обладают рядом ценных качеств: производят ценный растительный белок [2, 3], имеют очень высокую питательность и переваримость. Кормовые бобы содержат: воды – 12,6, белка – 26,2 (больше, чем горох), углеводов – 49, жира – 0,9, золы – 3,8 и клетчатки – 75%. Крахмала кормовые бобы содержат 33–40%, а зола на 50% состоит из фосфора [2]. Фиксируют свободный азот (до 300 кг/га) [4, 5], обладают высоким потенциалом продуктивности – до 70–80 ц/га [6, 7], являются одной из наиболее востребованных культур в условиях глобального потепления и изменения климата из-за своей уникальной адаптивности к различным почвенно-климатическим условиям [6].

Поэтому в настоящее время стоит проблема поиска экологически безопасных подходов и приемов, повышающих урожайность этой ценной белковой культуры [8]. Один из способов достижения поставленных целей – интегрировать полезные микробиомы растений, которые улучшают рост растений, повышают эффективность использования питательных веществ, устойчивость к абиотическим стрессам и болезням, в сельскохозяйственное производство [9]. В этом плане особый интерес представляют эндофитные грибы, которые колонизируют растение, не вызывая видимых повреждений во время части или всего жизненного цикла [10–12]. Данные грибы способны улучшить агрегацию почвы, увеличить поглощение воды, обеспечить защитный барьер против патогенов, продуцируя различные метаболиты (аминокислоты, витамины, фитогормоны и антиоксидантные ферменты), повышают устойчивость растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды и в конечном счете увеличивают продуктивность культуры [13–16]. Многие исследования показали улучшение усвоения питательных веществ и стимулирование роста растений эндофитным грибом *robertsii*.

Цель исследований – определить влияние эндофитного гриба *Metarhizium M. robertsii* на ростовые процессы и урожайность кормовых бобов сорта Сибирские. Данная работа является первым исследованием влияния энтомопатогенных грибов *M. robertsii* на кормовые бобы, выращенные в полевых условиях континентального климата Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2022 гг. на полевом стационаре СибНИИ кормов СФНЦА РАН, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса в слое 0–20 см около 6%. По климатическим ресурсам это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район.

Погодные условия в годы проведения исследований значительно различались. Гидротермические условия вегетационного периода 2020 г. характеризовались повышенными температурами мая (на 4,6° С) и близкими к норме температурами июля и июня, неравномерным распределением осадков. По климатическим ресурсам этот год исследования можно охарактеризовать как близкий к климатической

норме (рис. 1). За вегетационный период 2021 г. сумма выпавших осадков составила 202 мм, (ГТК 0,9). За период с мая по август сумма температур выше 10^0 С составила 2090°С. Вегетационный период 2022 г. характеризуется как засушливый (ГТК 0,6 за май–сентябрь), сумма выпавших осадков составила 130 мм, сумма активных температур выше +10°С за период с мая по август – 2140°С. Осадки распределялись неравномерно.

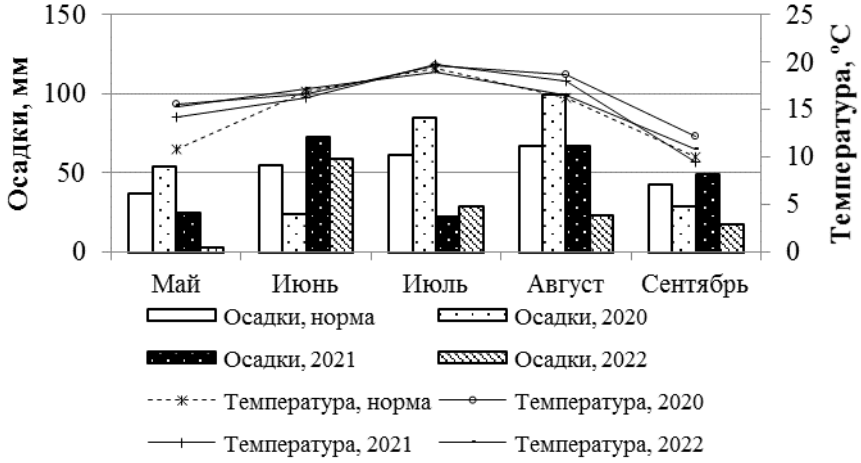


Рис. 1. Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2020–2022 гг., метеостанция «Огурцово»
Agrometeorological conditions of the growing seasons 2020–2022, weather station "Ogurtsovo"

Полевой эксперимент включал два варианта. Конидии грибов *M. robertsii* суспендировали в растворе вода – Твин 20 (0,04%) при концентрации 5×10^7 конидий/мл. Зерно кормовых бобов обрабатывали суспензией и давали высохнуть непосредственно перед посевом. Контрольный вариант – 0,04% Твин-20. Использовали штаммы энтомопатогенных грибов *M. robertsii* (Р-72), полученные из коллекции микроорганизмов Института систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук. Конидиальную массу нарабатывали методом двухфазного культивирования.

Размещали варианты последовательно в один ярус, в пятикратной повторности. Посев проводили во второй декаде мая, при температуре почвы на глубине 6–8 см 8–10°С. При посеве ширина между рядками составляла 70 см, норма высева – 400 тыс. всхожих зерен на 1 га. Учетная площадь делянки – 39 м^2.

Рост растений оценивали в течение вегетационного периода при наступлении основных фаз (26–28, 41–43, 79–82-е сутки). Для определения параметров роста растений в поле из каждой повторности случайным образом отбирали 10 растений (50 растений в каждом варианте). Продолжительность межфазных периодов определяли по следующим фазам развития кормовых бобов: полные всходы, 5–6 листьев, ветвление, цветение, образование бобов, налив семян и созревание. Параметры урожая оценивали после уборки. Компоненты урожайности анализировали путем оценки 10 случайных растений на каждом ранее разграниченном участке во время сбора урожая.

Анализ массива данных выполняли с использованием Statistica 8 (StatSoftInc, США) и PAST 3. Нормальность распределения данных проверяли с помощью W-критерия Шапиро–Уилка. Нормально распределенные данные анализировали с помощью одностороннего дисперсионного анализа с последующим LSD-тестом Фишера. Ненормальные данные были проанализированы с помощью теста Краскела-Уоллиса, а затем теста Данна или с использованием критерия Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Западной Сибири впервые обнаружено, что обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* стимулирует рост и увеличивает урожайность. Эффект от использования грибов в опыте проявился уже в начальные фазы развития кормовых бобов и сохранялся в течение всего вегетационного периода (рис. 2).



а б в

Рис. 2. Растения кормовых бобов в фазы 5–6 листьев (а), цветения (б) и образования бобов – налива семян (в)
Broad bean plants in the phases of 5-6 leaves (a), flowering (b) and formation of beans - seed filling (c)

Высота растений, обработанных *M. robertsii* отличалась на 6 до 16 см от контрольных в разные фазы развития (рис. 3). В фазе 5–6 листьев получена достоверная прибавка 15 % у опытных растений (тест Манна-Уитни, p = 0,0002). В фазу образования бобов отмечены статистически значимые различия по высоте растений между контролем и растениями, семена которых обработаны *M. r obertsii*, на 14% (тест Манна-Уитни, p = 0,010023).

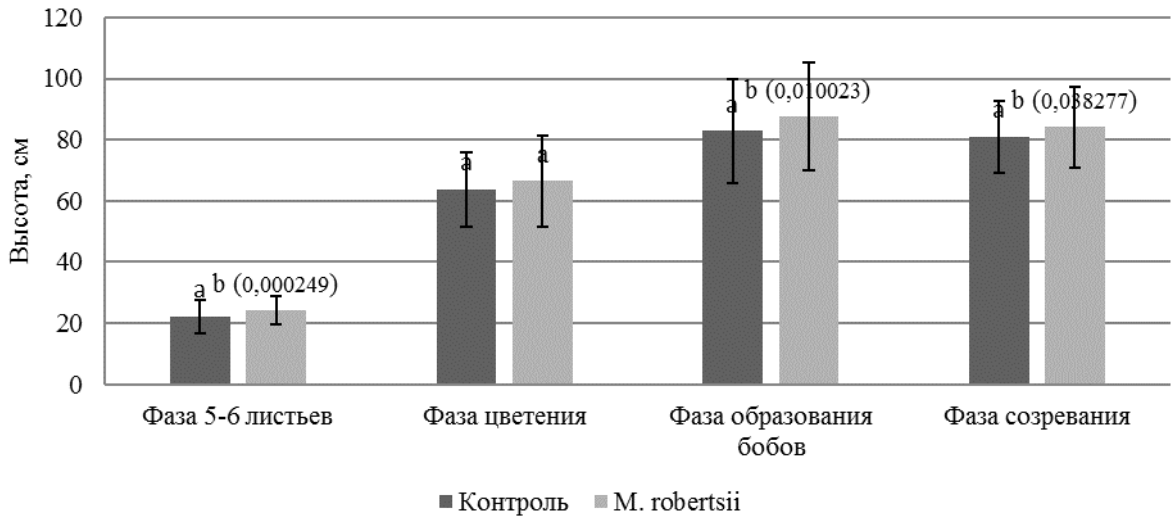


Рис. 3. Высота кормовых бобов (в среднем за 2020–2022 гг.) (Здесь и далее: буквы – значимость отличия по тесту Манна-Уитни (p < 0,05); планки погрешностей – стандартное отклонение)
Height of broad beans (average for 2020–2022) (from now on, letters - the significance of difference according to the Mann-Whitney test (p < 0.05); error bars - standard deviation)

Обработка семян кормовых бобов грибом *M. robertsii* существенно повлияла на нарастание надземной массы растений от фазы ветвления (рис. 4). В фазу бутонизации достоверная прибавка составила 13 % (тест Манна-Уитни, p = 0,009813).

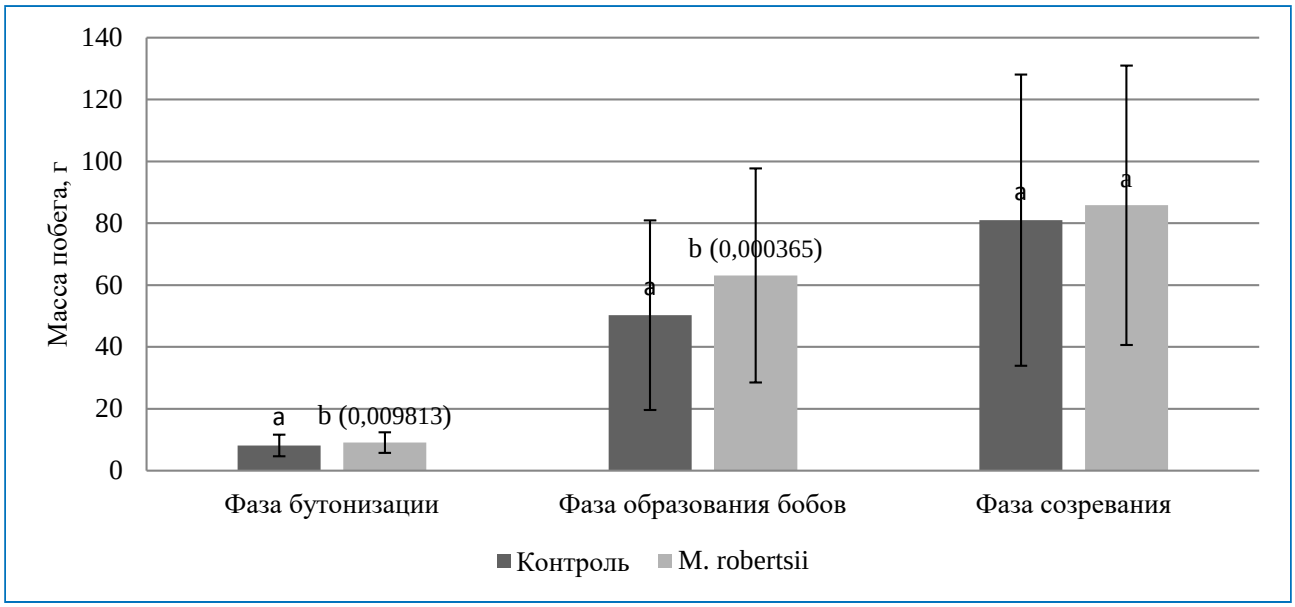


Рис. 4. Масса побегов кормовых бобов (в среднем за 2020–2022гг.)
Планки погрешностей – стандартное отклонение
Weight of broad bean shoots (average for 2020–2022) Error bars - standard deviation

В фазу образования бобов отмечены статистически значимые различия по массе растений в контроле и варианте с обработкой семян *M. robertsii* на 18% (тест Манна-Уитни, p = 0,000365). Так как с этого момента начинается интенсивное потребление элементов питания из почвы, есть вероятность, что гриб *M. robertsii* создавал более благоприятные условия для этого в ризосфере кормовых бобов.

Обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* способствовала более мощному развитию корневой системы с большим количеством боковых корней и появлению активных азотфиксирующих ризобиальных клубеньков. Обработка семян энтомопатогенным грибом способствовала большей активности симбиотической деятельности на всех этапах развития растений кормовых бобов в 2020–2022 гг. (рис. 5).

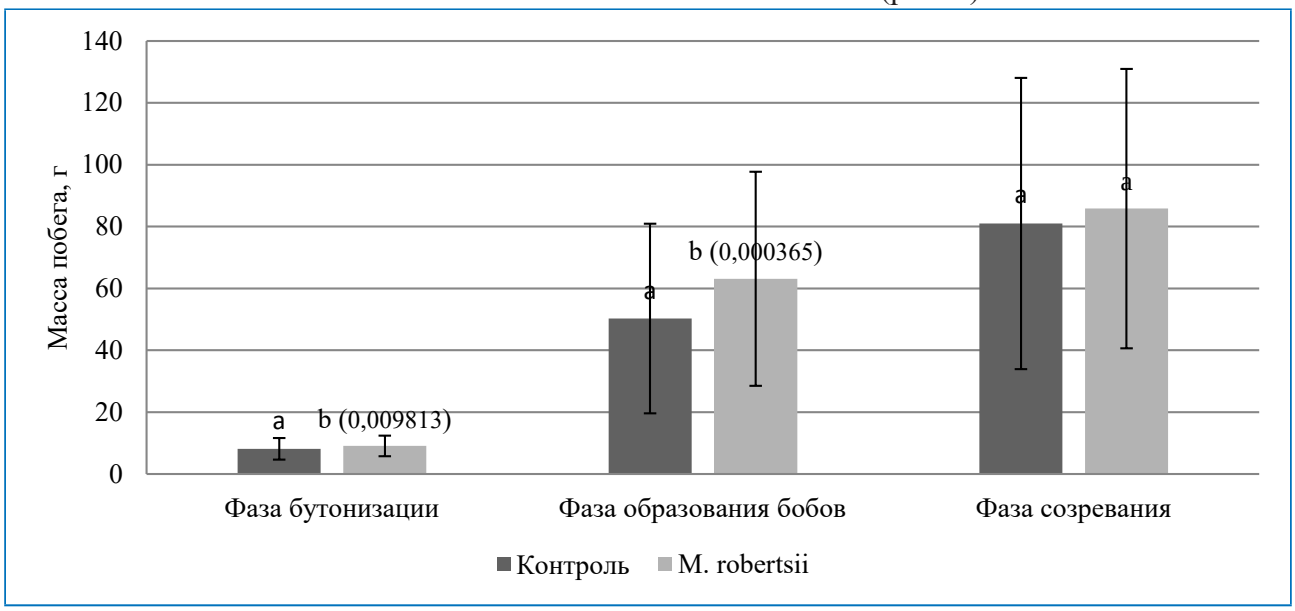


Рис. 5. Количество клубеньков на кормовых бобах (в среднем за 2020–2022гг.)
Number of nodules on broad beans (average for 2020–2022)

Отмечено, что растения в контрольном варианте были больше подвергнуты поражению: наблюдалось потемнение и отмирание боковых корней, язвы, перетяжки на основном стебле, меньше число активных клубеньков. В фазу бутонизации выявлено увеличение числа клубеньков при обработке бобов *M. robertsii* по сравнению с контролем (тест Манна-Уитни, p = 0,003033). Наибольшая разница с контролем была зафиксирована в среднем через 8–9 недель после посева (фаза образования бобов) – в 2,0 раза (тест Манна-Уитни, p = 0,00000). К концу вегетации кормовых бобов (72–80-й день после посева) эти различия сглаживаются, но остаются достоверными (тест Манна-Уитни, p = 0,000385). Связано это с физиологическими процессами старения растений.

Анализ данных по структуре урожая показывает, что изучаемый вид грибов положительно влиял на анализируемые признаки. Высота растений в опытном варианте имела четкую тенденцию к увеличению по отношению к контролю. Проведение обработки семян конидиальной массой *M. robertsii* способствовало усилению ростовых процессов и тем самым формированию более мощных по габитусу растений кормовых бобов, что обусловливает образование большего количества репродуктивных органов и семян хорошего качества.

Обработка семян грибами оказывала существенное влияние и на массу 1000 зерен, она была выше контроля от 8–10 до 14,8–16,2 % (в зависимости от года исследований).

Интегральным показателем эффективности того или иного агроприема является урожайность. При обработке кормовых бобов *M. robertsii* она достоверно увеличивалась на 10–15% в зависимости от условий года в 2020 и 2022 гг. (тест Манна-Уитни, p = 0,036715 и 0,012186 соответственно) (таблица).

Урожайность кормовых бобов (в среднем за 2020–2022 гг.)
Broad bean yield (2020–2022 average)

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
M. robertsii	18,9 ± 0,48	22,7 ± 1,82	21,4 ± 1,74	-	-	-
Контроль	16,9 ± 1,21*	20,8 ± 1,73	18,5 ± 0,69*	1,9± 0,92	1,9 ± 1,19	2,9 ± 1,11
$НСР_{05}$	1,34	1,48	1,37			

* Значимость по тесту Манна-Уитни (p < 0,05).
* Significance by Mann-Whitney test (p <0.05).

В результате проведенных исследований впервые установлено, что обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* с последующим выращиванием в полевых условиях стимулировала вегетативное развитие растений, способствовала повышению урожайности, устойчивости к некоторым средовым стрессам в период вегетации в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

ВЫВОДЫ

1. Обработка семян кормовых бобов (*Vicia faba* L.) сорта Сибирские энтомопатогенным грибами *M. robertsii* с последующим выращиванием в полевых условиях способствовала ускорению ростовых процессов, формированию большей биологической массы и увеличению урожайности изучаемой культуры.

2. Предпосевная обработка семян кормовых бобов *M. robertsii* достоверно увеличивала урожайность культуры на 10–15% в зависимости от условий года в 2020 и 2022 гг. (тест Манна-Уитни, p = 0,036715 и 0,012186 соответственно), высоту растений на 6–16 см в разные фазы развития (тест Манна-Уитни, p = 0,0002).

3. Установлено достоверное увеличение числа активных клубеньков на корнях растений, на которых применялась обработка *M. robertsii*, в 2,0 раза (тест Манна-Уитни, p = 0,00000).

4. Полученные данные представляют собой существенную основу для постановки дальнейших, более детальных исследовательских вопросов, направленных на совершенствование знаний об экологической роли эндофитов в природных экосистемах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Sing A.K., Bharati R., Pedapati A.* An assessment of faba bean (*Vicia faba* L.) current status and future prospect // African Journal of Agricultural Research. – 2013. – Vol. 8 (50). – P. 6634–6641.
2. *Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В.* Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26). – С. 4–10. – DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008.
3. *Малец А., Пестис В., Кисла Н.* Кормовые бобы – доступный источник белка // Животноводство России. – 2019. – № 12. – С. 13–15. – DOI: 10.25701/ZZR.2019.46.26.014.
4. *Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я.* Экология азотфиксации. – М.: РАН, 2019. – 252 с.
5. *Investigating* the Involvement of Cytoskeletal Proteins MreB and FtsZ in the Origin of Legume-Rhizobial Symbiosis / Wenlong Zhao, Huixia Zhu, Feng Wei [et ai.] // Mol Plant Microbe Interact. – 2021. – May, Vol. 34 (5). – P. 547–559. – DOI: 10.1094/MPMI-10-20-0299-FI.
6. *Вороничев Б.А., Коломейченко В.В.* Кормовые бобы – надежный резерв увеличения производства растительного белка // Кормопроизводство. – 2003. – № 5. – С. 14–18.
7. *Wulfgang S.* Ergebnisse der EU-Sortenversuchemit Ackerbohnen und Futtererbsen // Raps. – 2001. – Vol. 19, N 1. – P. 44–47.
8. *Petrusán János-István, Rawel Harshadrai, Huschek Gerd.* Protein-rich vegetal sources and trends in human nutrition // Current Topics in Peptide & Protein Research. – 2016. – Vol. 17. – P. 1–19.
9. *Diversity* of microorganisms associated to *Ananas* spp. from natural environment, cultivated and *ex situ* conservation areas / C.R. Santos Souza, A.C. de Oliveira Barbosa, C. Fortes Ferreira [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2019. – Vol. 243. – P. 544–551. – https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.015.
10. *Fungal* entomopathogens: new insights on their ecology / F.E. Vega, M.S. Goettel, M. Blackwell [et al.] // Fungal Ecol. – 2009. – Vol. 2. – P. 149–159.
11. *Jaber L.R., Ownley B.H.* Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? // Biological Control. – 2018. – Vol. 116. – P. 36–45.
12. *Barra-Bucarei L., France A., Millas P.* Crossing Frontiers: Endophytic Entomopathogenic Fungi for Biological Control of Plant Diseases // Endophytes for a Growing World. – 2019. –·March. – P. 67. – DOI: 10.2499/9780896292970.
13. *Evelin H., Kapoor R., Giri B.* Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review // Ann. Bot. – 2009. – Vol. 104. – P. 1263–1280. – DOI: 10.1093/aob/mep251.
14. *Hu S., Bidochka M.J.* Root colonization by endophytic insect-pathogenic fungi // J Appl Microbio. – 2021. – Vol. 130 (2). – P. 570–581.
15. *Busby P.E., Ridout M., Newcombe G.* Fungal endophytes: modifiers of plant disease // Plant Mol Biol. – 2016. – Vol. 90. – P. 645–655. – doi.org/10.1007/s11103-015-0412-0.
16. *Vega F.E.* The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review // Mycologia. – 2018. – Vol. 110, N 1. – P. 4–30.

REFERENCES

1. Sing A.K., Bharati R., Pedapati A., An assessment of faba bean (Vicia faba L.) current status and future prospect, *African Journal of Agricultural Research*, 2013, Vol. 8 (50), pp. 6634–6641.
2. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Grjadunova N.V., *Zernobobovye i krupjanye kul'tury*, 2018, No. 2 (26), pp. 4–10, DOI: 10.24411/2309-348H-2018-10008. (In Russ.)
3. Malec A., Pestis V., Kisla N., *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2019, No. 12, pp. 13–15, DOI: 10.25701/ZZR.2019.46.26.014. (In Russ.)
4. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ja., *Jekologija azotfiksacii* (Ecology of nitrogen fixation), Moscow: RAN, 2019, 252 p.
5. Wenlong Zhao, Huixia Zhu, Feng Wei [et ai.], Investigating the Involvement of Cytoskeletal Proteins MreB and FtsZ in the Origin of Legume-Rhizobial Symbiosis, *Mol Plant Microbe Interact*, 2021, May, Vol. 34 (5), pp. 547–559, DOI: 10.1094/MPMI-10-20-0299-FI.
6. Voronichev B.A., Kolomejchenko V.V., *Kormoproizvodstvo*, 2003, No. 5, pp. 14–18. (In Russ.)
7. Wulfgang S., Ergebnisse der EU-Sortenversuchemit Ackerbohnen und Futtererbsen, *Raps*, 2001, Vol. 19, No. 1, pp. 44–47.

8. Petrusán János-István, Rawel Harshadrai, Huschek Gerd, Protein-rich vegetal sources and trends in human nutrition, *Current Topics in Peptide & Protein Research*, 2016, Vol. 17, pp. 1–19.
9. Santos Souza C.R., de Oliveira Barbosa A.C., Fortes Ferreira C. [et al.], Diversity of microorganisms associated to Ananas spp. from natural environment, cultivated and ex situ conservation areas, *Scientia Horticulturae*, 2019, Vol. 243, pp. 544–551, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.015.
10. Vega F.E., Goettel M.S., Blackwell M. [et al.], Fungal entomopathogens: new insights on their ecology, *Fungal Ecol*., 2009, Vol. 2, pp. 149–159.
11. Jaber L.R., Ownley B.H., Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 2018, Vol. 116, pp. 36–45.
12. Barra-Bucarei L., France A., Millas R., Crossing Frontiers: Endophytic Entomopathogenic Fungi for Biological Control of Plant Diseases, *Endophytes for a Growing World*, 2019,·March, pp. 67, DOI: 10.2499/9780896292970.
13. Evelin H., Kapoor R., Giri B., Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review, *Ann. Bot*, 2009, Vol. 104, pp. 1263–1280, DOI: 10.1093/aob/mep251.
14. Hu S., Bidochka M.J., Root colonization by endophytic insect-pathogenic fungi, *J Appl Microbio*, 2021, Vol. 130 (2), pp. 570–581.
15. Busby P.E., Ridout M., Newcombe G., Fungal endophytes: modifiers of plant disease, *Plant Mol Biol*, 2016, Vol. 90, pp. 645–655, doi.org/10.1007/s11103-015-0412-0.
16. Vega F.E., The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review, *Mycologia*, 2018, Vol. 110, No. 1, pp. 4–30.

УДК 579.26+632.937
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-116-124

ВЛИЯНИЕ СУХОЙ ФОРМЫ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА САДОВУЮ ЗЕМЛЯНИКУ В МАТОЧНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

А.А. Стороженко, аспирант
В.И. Лутов, кандидат сельскохозяйственных наук
А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Ключевые слова: земляника, бактериальные штаммы, стимулирующее действие, иммунизирующее действие, белая пятнистость, биологическая эффективность, вегетативное размножение.

Реферат. *В 2019–2022 гг. в полевых экспериментах доказано стимулирование приживаемости и роста маточных растений земляники под влиянием предпосадочной обработки препаратами Фитоп 8.1 (сухая форма) и Фитоп 8.67 (жидкая форма) в рабочих концентрациях 1×10⁵ КОЕ/мл: повышение приживаемости саженцев на 12,3 и 19,5%, увеличение количества листьев на 29 и 21%, длины корней в обоих вариантах на 12,9% и общей биомассы растений до уровня 92,9 и 94,5 г/растение. Биологическая эффективность против белой пятнистости земляники в вариантах с обработкой Фитопом 8.1 и Фитопом 8.67 составила 33,1 и 29,3%, что объясняется иммунизирующим влиянием обработок на растения. Наилучшие эффекты стимулирования вегетативного размножения также отмечены в вариантах, где применялись для предпосадочной обработки биопрепараты Фитоп 8.67 в концентрации 1×10⁵ КОЕ/мл и Фитоп 8.1 в концентрациях 1×10⁵ и 1×10⁶ КОЕ/мл – увеличение количества розеток в среднем за 3 года составило 3,0–3,9 розетки на растение, или на 20,6–27,3% относительно контроля, где формировалось по 14,4 розетки на растение, в среднем за 3 года наблюдений. Полученные в вариантах с применением биопрепаратов эффекты были на статистически одинаковом уровне достоверности с эталонным вариантом – гуминовым препаратом Феникс, 0,05%. В результате выход саженцев с площади 100 м² маточника увеличился в вариантах с препаратами Фитоп 8.67 и Фитоп 8.1 на 32,6 и 55,9% при 4229,5 саженца на /100 м² в контрольном варианте, при этом доказана более высокая эффективность применения препарата Фитоп 8.1 для получения саженцев, превосходящая Фитоп 8.67 и эталонный вариант Феникс,0,05%.*

INFLUENCE OF DRY FORM OF BACTERIA STRAINS OF THE GENUS *BACILLUS* ON GARDEN STRAWBERRY IN MATERNAL PLANTS

A.A. Storozhenko, PhD student
V.I. Lutov, PhD in Agricultural Sciences
A.A. Belyaev, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

Keywords: strawberries, bacterial strains, stimulating effect, immunising effect, white spot, biological efficiency, vegetative reproduction.

Abstract. *In 2019-2022 in field experiments, stimulation of the survival rate and growth of mother plants of strawberries under the influence of pre-planting treatment with Fitop 8.1 (dry form) and Fitop 8.67 (liquid form) in working concentrations of 1 × 10⁵ CFU / ml was proved: an increase in the survival rate of seedlings by 12.3% and 19.5 %; an increase in the number of leaves by 29% and 21%; an increase in the length of the roots in both variants by 12.9%; an increase in total plant biomass to levels of 92.9 g/plant and 94.5 g/plant. The biological effectiveness against strawberry white spot in the variants with Fitop 8.1 and Fitop 8.67 treatment was 33.1% and 29.3%, which is explained by the immunising effect of treatments on plants. The best effects of stimulating vegetative propagation were also noted in variants where the biological preparations Fitop 8.67 (liquid form) at a concentration of 1×10⁵ CFU/ml and Fitop 8.1 (dry form) at concentrations of 1×10⁵ CFU/ml and 1×10⁶ CFU/ml were used for pre-planting treatment – the increase in the number of rosettes, on average, over three years, amounted to 3.0-3.9 rosettes/plant (20.6-27.3%) relative to the control, where 14.4 rosettes/plant were formed, in average over three years of observation. The effects obtained in the biological product variants were at a*

statistically identical confidence level with the reference variant with the Phoenix humic preparation, 0.05%. As a result, the yield of seedlings from an area of 100 m2 of the mother plantations increased significantly in the variants with Fitop 8.67 and Fitop 8.1 by 32.6% and 55.9% at 4229.5 seedlings/100 m2 in the control variant. In contrast, the effectiveness of Fitop 8.1 for seedlings, superior to Fitop 8.67 (liquid form) and the reference version with Phoenix, 0.05%, has been proven.

Совершенствование микробиологического метода защиты растений является необходимым процессом, позволяющим повысить эффективность биопрепаратов и их конкурентоспособность в сравнении с химическими пестицидами. Важными направлениями в инновациях являются поиск новых биоагентов, испытание их эффективности, а также создание форм биопрепаратов, технологичных в применении и удобных для хранения [1, 2].

Известен экспериментальный смесевой бактериальный биопрепарат Фитоп 8.67, показавший свою эффективность в защите яровой пшеницы и овощных культур от корневых гнилей, земляники и малины от серой гнили плодов, листовых пятнистостей, имеющий ростостимулирующее влияние на указанные растения [3–8]. Препарат Фитоп 8.67 включает в себя три штамма бактерий рода *Bacillus* (один штамм *B. subtilis* ВКПМ В-10641 и два штамма *B. amyloliquefaciens* В-10642 и В-10643), имеет жидкую консистенцию, включающую споровую бактериальную массу в культуральной жидкости.

В настоящее время производителем препарата Фитоп 8.67 сделан аналогичный препарат Фитоп 8.1 в консистенции сухого порошка, включающий те же два штамма *B. amyloliquefaciens* и усовершенствованный штамм *B. subtilis* DSM 32424, аналогичный *B. subtilis* ВКПМ В-10641. Порошкообразная масса препарата Фитоп 8.1 состоит из сухой споровой массы бактерий, сахарной пудры, крахмала. Благодаря сухой форме препарат Фитоп 8.1 можно хранить в температурном интервале -30°С … +30°С, в то время как Фитоп 8.67 в интервале 0°С …10°С, т. е. необходимо использование холодильника. В связи с новой формой препарата Фитоп 8.1 необходимо определение эффективности его концентраций на различных сельскохозяйственных культурах в защите от заболеваний, стрессовых условий, а также подтверждение его стимулирующего действия на растения.

Для культурной земляники актуальной проблемой является разработка биологических методов защиты от стрессов, инфекционных болезней, позволяющих снизить негативные последствия от применения химических пестицидов. Ценным свойством биопрепаратов на основе сапротрофных бактерий рода *Bacillus* является их стимулирующее влияние на рост культурных растений и на активность почвенной микрофлоры, повышающее численность бактерий – продуцентов азота и фосфора и снижающее содержание в почве фитопатогенных бактерий и грибов.

Цель исследования – оценка эффективности адаптивного, фитосанитарного, стимулирующего рост и вегетативное размножение растений действия концентраций сухой формы препарата Фитоп 8.1, являющейся аналогом жидкой формы биопрепарата Фитоп 8.67, на маточной землянике.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проведено в 2019–2022 гг. в производственном маточнике земляники сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» Новосибирской области в подзоне дренированной лесостепи Приобья.

Объектами исследования являлись два смесевых экспериментальных бактериальных биопрепарата на основе биоагентов из коллекции культур ООО НПФ «Исследовательский центр» (наукоград Кольцово): Фитоп 8.67 – равнопропорциональная смесь штаммов *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, жидкая форма в исходной концентрации 1×10^9 КОЕ/мл; Фитоп 8.1 – равнопропорциональная смесь штаммов *B. subtilis* DSM 32424, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, сухая форма в исходной концентрации 1×10^8 КОЕ/г; препарат гуминовый Феникс в концентрации 0,05% (производитель – ООО «НПП ТЕЛЛУРА-БИС»

г. Бийск), применяемый в СХА «Сады Сибири» для стимулирования приживаемости и роста саженцев земляники; растения садовой земляники сорта Юния Смайдс; белая пятнистость (рамуляриоз) земляники (возбудитель гриб *Ramularia tulasnei tulasnei* Sacc. (анаморфа), Ascomycota, Mycosphaerellales). Усовершенствованный штамм *B. subtilis* DSM 32424 является аналогом штамма *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641.

Погодные условия в 2019 г. характеризовались близким к норме температурным фоном, ГТК по Селянинову составил 1,1; в 2020 г. – повышенной температурой в течение вегетации, ГТК 1,4; в 2021 г. – пониженной температурой, ГТК 1,0; в 2022 г. – резко сниженным количеством осадков по сравнению с нормой и пониженным температурным фоном во второй половине вегетации, ГТК 0,6. В опыте соблюдалась зональная технология выращивания маточника земляники [9].

Полевые деляночные опыты по испытанию жидкой и сухой препаративных форм препарата Фитоп при закладке маточника земляники в 2019–2021 гг. включали ежегодно четыре варианта со штаммами биоагентов, а также один эталонный вариант с обработкой корневой системы саженцев препаратом Феникс, 0,05% и один контрольный вариант:

1. Контроль (без внесения препаратов).
2. Феникс, 0,05%.
3. Фитоп 8.67 – жидкая форма в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл.
4. Фитоп 8.1 – сухая форма в концентрации 1×10^4 КОЕ/мл.
5. Фитоп 8.1 – сухая форма в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл.
6. Фитоп 8.1 – сухая форма в концентрации 1×10^6 КОЕ/мл.

Предшественник – трехлетний черный пар. Саженцы – растения в возрасте один год (прошлогодние укоренившиеся розетки) были выкопаны в этом же маточнике непосредственно перед посадкой. Расстояние в ряду при посадке саженцев составило 20 см, ширина междурядья 90 см. Повторность четырехкратная. Количество обрабатываемых растений – 80 шт. на один вариант. Площадь делянки – 3,5 м^2. Способ нанесения биоагентов – замачивание корневой системы саженцев земляники в рабочей жидкости, содержащей биоагент, с экспозицией 2 ч перед посадкой.

Фитоп 8.67 – жидкая форма в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл (исходная концентрация 1×10^9 КОЕ/мл). Расход рабочей жидкости на 1 вариант – 6 л. Расход штамма биоагента – 0,6 мл на вариант.

Фитоп 8.1 – сухая форма в концентрациях 1×10^4; 1×10^5 и 1×10^6 КОЕ/мл. Расход рабочей жидкости на 1 вариант – 6 л. Расход штамма биоагента – 0,6 (исходная концентрация 1×10^8 КОЕ/г), 6,0 и 60,0 г на вариант.

Оценку показателей адаптации, роста, вегетативного размножения и фитосанитарного состояния проводили по общепринятым в сортоизучении садовой земляники и защите растений методикам [10–13]. В статистической обработке данных использованы методы оценки достоверности различий между средними величинами с использованием дисперсионного анализа [14] и пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полевые опыты в производственном маточнике земляники по испытанию действия концентраций Фитопа 8.1 (сухая форма препарата) были заложены в трех сериях: в 2019 г. – 29 мая, 2020 г. – 24 мая и в 2021 г. – 5 июня по одинаковой схеме. Итоговый учет показателей роста, адаптации, фитосанитарного состояния в первый год жизни посадок выполнен 6 октября 2019 г., 3 октября 2020 г. и 6 октября 2021 г.

Приживаемость высаженных растений на плантации в среднем за 3 года наблюдений составила 64,1%, варьируя от 85,0 в 2019 г. и 78,6 в 2020 г. до 28,9% в 2021 г. (табл. 1). Очень низкая приживаемость в 2021 г. вызвана поздними сроками посадки маточника в хозяйстве и последующими условиями сильной засухи. Наиболее выраженные эффекты повышения приживаемости были достигнуты в трехлетних наблюдениях в вариантах с предпосадочной обработкой биопрепаратами Фитоп 8.67 (жидкая форма) в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл и Фитоп 8.1 (сухая форма) в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл – увеличение приживаемости на 7,9 и 12,5% в абсолютном значении, относительно

контроля (и на 12,3% и 19,5% относительно контрольного уровня). Эти варианты были также наиболее стабильны по отдельным годам, статистически достоверно стимулируя приживаемость в пределах 2–3 лет наблюдений. Остальные концентрации препарата Фитоп 8.1 не отличались стабильным действием и в трехлетнем интервале наблюдений не оказали статистически доказанного эффекта стимулирования приживаемости саженцев.

Таблица 1

Влияние препарата Фитоп 8.1 (сухая форма) на приживаемость и количество листьев у маточных растений в первый год жизни

Effect of the drug Fitop 8.1 (dry form) on the survival rate and number of leaves in mother plants in the first year of life

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средние за 3 г.года
Приживаемость, %				
Контроль	85,0	78,6	28,9	64,1
Феникс, 0,05%	90,0	78,6	40,0*	69,5
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	95,0*	92,9*	28,3	72,1*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	90,0	81,0	20,0	63,7
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	97,5*	85,7*	46,7*	76,6*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	92,5*	80,4	22,2	65,0
$НСР_{05}$ по вариантам	6,9			
$НСР_{05}$ по годам	4,9			
Количество листьев у маточных растений				
Контроль	9,6	8,4	5,5	7,8
Феникс, 0,05%	10,7*	10,8*	5,9	9,1*
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	12,5*	10,7*	7,2*	10,1*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	10,6*	9,4*	3,0	7,7
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	12,4*	10,9*	6,3	9,9*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	11,5*	11,3*	5,7	9,5*
$НСР_{05}$ по вариантам	1,0			
$НСР_{05}$ по годам	0,7			

Примечание. Здесь и далее: * P<0,05.
Note. Here and further: * P <0.05.

Количество листьев, формируемое растениями в течение первого года жизни, в контроле составило в среднем за три года 7,8 листа на растение. При этом в 2021 г. количество листьев было минимальным (5,5) из-за поздней посадки маточника и сильной последующей засухи. Статистически достоверные (P<0,05) эффекты стимулирования количества листьев за три года наблюдений доказаны во всех опытных вариантах, кроме Фитоп 8.1 (сухая форма) в концентрации 1×10^4 КОЕ/мл. Увеличение количества листьев составило 1,6–2,3 листа на растение, до уровня 9,5–10,1 листа на растение (на 21–29% относительно контроля). Данные эффекты были примерно на одинаковом уровне с эталонным вариантом с предпосадочной обработкой гуминовым препаратом Феникс, 0,05%.

Длина корней маточных растений у контрольных растений в среднем за три года составила 16,5 см, слабо варьируя по отдельным годам наблюдения в интервале 15,5–17,7 см (табл. 2). Наибольшее стимулирующее влияние предпосадочная обработка саженцев оказала на данный признак в 2019 г., когда статистически достоверные эффекты были доказаны во всех опытных вариантах. Однако в 2020 и 2021 гг. стимулирующее влияние проявлялось меньше. В результате на трехлетнем интервале доказано стимулирующее влияние обработки биопрепаратами Фитоп 8.67 (жидкая форма) и

Фитоп 8.1 (сухая форма) в концентрациях 1×10^5 КОЕ/мл – увеличение длины корней на 2,1–2,3 см в абсолютном выражении к контрольным растениям, и 12,9% относительно контроля, до уровня 18,6-18,7 см. Полученный в вариантах с биопрепаратами эффект был на одинаковом уровне с гуминовым эталоном Феникс, 0,05%.

Таблица 2

Влияние препарата Фитоп 8.1 (сухая форма) на длину корней и на общую биомассу маточных растений в первый год жизни
Effect of the drug Fitop 8.1 (dry form) on the length of roots and on the total biomass of mother plants in the first year of life

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средние за 3 г.года
Длина корней маточных растений, см				
Контроль	17,7	15,5	16,2	16,5
Феникс, 0,05%	22,7*	18,0*	15,9	18,8*
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	23,7*	16,0	16,1	18,6*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	20,3*	13,0	15,5	16,3
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	22,0*	17,9*	16,4	18,7*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	23,0*	14,5	16,2	17,9
$НСР_{05}$ по вариантам	1,8			
$НСР_{05}$ по годам	1,2			
Общая биомасса, г/растение				
Контроль	102,3	58,0	50,8	70,4
Феникс, 0,05%	131,3*	78,5*	49,0	86,3*
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	130,3*	94,7*	58,6	94,5*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	119,0*	79,3*	40,6	79,6*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	127,7*	93,0*	58,0	92,9*
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	130,0*	91,5*	55,1	92,2*
$НСР_{05}$ по вариантам	9,2			
$НСР_{05}$ по годам	6,5			

Биомасса маточного растения. В среднем за 3 года наблюдений биомасса маточного растения составляла 70,4 г, в 2019 г. – 102,3, в более засушливые 2020 и 2021 гг. – по 58,0 и 50,8 г. Статистически достоверное стимулирование роста биомассы доказано в течение двух лет (2019 и 2020 гг.) во всех опытных вариантах. В 2021 г. достоверного влияния не выявлено, проявлялись лишь более слабые тенденции. В среднем за три года также статистически достоверно доказано стимулирование накопления биомассы во всех опытных вариантах в абсолютном выражении на 9,3–24,2 г/растение (на 13–34% относительно контроля), до уровня 79,6–94,5 г/растение. Полученные эффекты были на одинаковом уровне с гуминовым препаратом Феникс,0,05%.

Степень поражения листьев белой пятнистостью. Заболевание листьев белой пятнистостью (рамуляриозом) развивалось в течение трех лет наблюдений на среднем уровне в контроле, имея степень поражения в среднем 26,4%, варьирующую в пределах 24,5–28,8% по годам (табл. 3).

Таблица 3

Влияние препарата Фитоп 8.1 (сухая форма) на степень поражения белой пятнистостью листьев маточных растений в первый год жизни, (степень поражения, биологическая эффективность, %)
Effect of the drug Fitop 8.1 (dry form) on the degree of white spot damage to the leaves of mother plants in the first year of life, (degree of damage, biological effectiveness, %)

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средние за 3 года	БЭ, %
Контроль	24,5	28,8	25,8	26,4	-
Феникс, 0,05%	16,0*	23,9*	19,8*	19,9*	24,6
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	13,0*	23,8*	19,2*	18,6*	29,3
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	22,0	28,1	24,0	24,7	6,3
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	14,5*	19,9*	18,5*	17,6*	33,1
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	16,3*	20,3*	19,4*	18,6*	29,3
$НСР_{05}$ по вариантам	3,1				-
$НСР_{05}$ по годам	2,2				-

Статистически достоверное защитное действие доказано в вариантах с предпосадочной обработкой биопрепаратами Фитоп 8.67 (жидкая форма) в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл и Фитоп 8.1 в концентрациях 1×10^5 и 1×10^6 КОЕ/мл – снижение степени поражения на 5,0–8,8%. Биологическая эффективность составила в наиболее эффективных вариантах с обработкой Фитопом 8.1 в концентрациях 1×10^5 и 1×10^6 КОЕ/мл 33,1 и 29,3% и в варианте с Фитопом 8.67 Б – 29,3%. Следует отметить, что возбудитель белой пятнистости (фитопатогенный гриб) распространяется от растения к растению воздушно-капельным путем. Обработка корней саженцев биопрепаратами не влияет на распространение фитопатогена, однако применение биопрепаратов Фитоп оказывает иммунизирующее действие на растения земляники, повышая их неспецифическую устойчивость к грибной инфекции.

После перезимовки плантации, на второй год жизни, в третьей декаде мая 2020–2022 гг. дана оценка влияния изучаемых концентраций на выживаемость растений в зимний период. Следует констатировать, что в трех сериях опыта не выявлено влияния биологических препаратов на выживаемость маточных растений в течение зимовки. В контрольных вариантах в 2020–2022 гг. выживало 77,5–95,0% от числа маточных растений, сформировавшихся к концу вегетации первого года жизни плантации. В течение трех лет наблюдений отмечены разнонаправленные влияния в опытных вариантах применения разных концентраций препаратов – в пределах 5% отклонения от контрольного варианта.

Оценка влияния препаратов на вегетативное размножение земляники во второй год жизни маточной плантации проведена 26 августа 2020 г., 13 августа 2021 г. и 24 августа 2022 г. Основным показателем вегетативного размножения земляники являлось *количество дочерних розеток, формируемое маточным растением.* На второй год жизни маточника контрольные растения формировали по 16,3 розетки в 2020 г., в 2021 г. (после суровой зимовки) – по 9,0, в 2022 г. – по 17,9 (табл. 4).

Наилучшие эффекты стимулирования вегетативного размножения отмечены в вариантах, где применялись для предпосадочной обработки биопрепараты Фитоп 8.67 (жидкая форма) в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл и Фитоп 8.1 (сухая форма) в концентрациях 1×10^5 и 1×10^6 КОЕ/мл – увеличение количества розеток в среднем за три года составило 3,0–3,9 розетки на растение (на 20,6–27,3%) относительно контроля, где формировалось по 14,4 розетки, в среднем за три года наблюдений. Полученные в вариантах с применением биопрепаратов эффекты были на статистически одинаковом уровне достоверности с эталонным вариантом – гуминовым препаратом Феникс, 0,05%.

Таблица 4

Влияние препарата Фитоп 8.1 (сухая форма) на количество дочерних розеток, формируемых маточными растениями на второй год жизни
Effect of the drug Fitop 8.1 (dry form) on the number of daughter rosettes formed by mother plants in the second year of life

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средние за 3 года	Увеличение, % к контролю
Количество розеток, формируемых 1 маточным растением					
Контроль	16,3	9,0	17,9	14,4	-
Феникс, 0,05%	18,3	9,5	20,7*	16,1	12,0
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	21,4*	11,3*	19,4	17,4*	20,6
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	16,9	9,6	15,0	13,8	-3,9
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	18,9*	13,0	23,2*	18,3*	27,3
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	18,0	14,5*	19,9	17,5*	21,2
$НСР_{05}$ по вариантам	2,3				-
$НСР_{05}$ по годам	1,6				-
Выход саженцев с площади 100 м²					
Контроль	7186,7	2985,7	2516,2	4229,5	-
Феникс, 0,05%	8096,0*	2838,4	4542,2*	5158,9*	22,0
Фитоп 8.67 (жидкая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	10000,8*	4007,4*	2820,8	5609,7*	32,6
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^4 КОЕ/мл	8002,5*	2668,5	1545,4	4072,1	-3,7
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^5 КОЕ/мл	9324,3*	4790,2*	5664,8*	6593,1*	55,9
Фитоп 8.1 (сухая форма) 1×10^6 КОЕ/мл	8426,0*	3945,6*	2390,5	4920,7*	16,3
$НСР_{05}$ по вариантам	513,3				-
$НСР_{05}$ по годам	363,0				-

Пересчет эффектов повышения приживаемости и вегетативного размножения на выход саженцев с площади 100 м² показывает, что в контрольном варианте в среднем за три года наблюдений выход составлял 4229,5 шт. В варианте с препаратом Фитоп 8.67 в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл количество саженцев возрастало до уровня 5609,7 шт. (увеличение на 32,6% относительно контроля) в варианте с Фитопом 8.1 в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл – до 6593,1 (увеличение на 55,9%), в варианте с Фитопом 8.1 (сухая форма) эффективность статистически достоверно ($P<0,05$) превосходила эталонный вариант с препаратом Феникс, 0,05% и с Фитоп 8.67 (жидкая форма).

Дополнительная прибыль от применения препарата Фитоп 8.67 в среднем ежегодно составляла 13802,0 руб/100 м², а препарата Фитоп 8.1 – 22636 руб/100 м². Уровень рентабельности обработки достигал 475,1 и 884,8%, уровень рентабельности производства – 309,7 и 381,6% при 288,1% в варианте с препаратом Феникс и 0,05 и 274,6% в контроле.

Таким образом, полученные в полевых экспериментах результаты показывают примерно одинаковую эффективность предпосадочной обработки корневой системы саженцев земляники биопрепаратами Фитоп 8.67 (жидкая форма) и Фитоп 8.1 (сухая форма) в концентрациях 1×10^5 КОЕ/мл во влиянии на приживаемость, количество листьев, длину корней, общую биомассу маточных растений и их поражаемость белой пятнистостью в конце вегетации первого года жизни плантации. Во второй год жизни насаждений доказана наибольшая эффективность действия биопрепаратов Фитоп 8.1 (сухая форма) и Фитоп 8.67 (жидкая форма) в концентрациях 1×10^5 КОЕ/мл на вегетативное размножение растений земляники и достоверное увеличение выхода саженцев с площади

маточника 100 м^2 при использовании препарата Фитоп 8.1 в сравнении с Фитопом 8.67. Применение концентрации 1×10^6 КОЕ/мл Фитопа 8.1 (сухая форма) является нерациональным в связи с 10-кратным увеличением расхода биопрепарата.

ВЫВОДЫ

1. В полевых экспериментах 2019–2022 гг. доказано наиболее эффективное стимулирование приживаемости и роста маточных растений земляники под влиянием препаратов Фитоп 8.1 и Фитоп 8.67 в концентрациях 1×10^5 КОЕ/мл: повышение приживаемости саженцев на 12,3 и 19,5%, увеличение количества листьев на 29 и 21%, длины корней в обоих вариантах на 12,9%, общей биомассы растений до уровня 92,9 и 94,5 г на растение при 70,4 г в контроле.

2. Биологическая эффективность против рамуляриоза земляники в вариантах с обработкой Фитопом 8.1 и Фитопом 8.67 в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл составила 33,1 и 29,3%, что объясняется иммунизирующим влиянием обработок на растения.

3. Стимулирование вегетативного размножения доказано в вариантах с применением Фитопа 8.67 в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл и Фитопа 8.1 в концентрациях 1×10^5 КОЕ/мл и 1×10^6 КОЕ/мл, что выражается в повышении количества розеток на 20,6; 27,3 и 21,2% соответственно. В результате увеличился выход саженцев с площади 100 м^2 маточника в вариантах с Фитопом 8.67 (жидкая форма) и Фитопом 8.1 (сухая форма) в концентрации 1×10^5 КОЕ/мл на 32,6 и 55,9% при 4229,5 саженца на 100 м^2 в контрольном варианте, при этом доказана эффективность применения Фитопа 8.1 для получения саженцев, превосходящая Фитоп 8.67 (жидкая форма) и эталонный вариант с препаратом Феникс 0,05%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Биопрепараты* в защите растений: учеб. пособие / М.В. Штерншис, Ф.С. Джалилов, И.В. Андреева, О.Г. Томилова. – 2–е изд., перераб. и доп. – Новосибирск, 2003. – 140 с.
2. *Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В.* Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, № 3. – С. 421–438.
3. *Коробов В.А., Леляк А.И., Леляк 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.
4. *Цветкова В.П., Масленникова В.С.* Испытание биологического препарата Фитоп 8.67 на овощных корнеплодах // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы междунар. науч.–практ. конференции. – Курск, 2018. – С. 206–210.
5. *Цветкова В.П., Масленникова В.С., Нестеренко В.А.* Эффективность биопрепарата Фитоп 8.67 на моркови // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2 (55). – С. 69–75.
6. *Использование* биопрепаратов для управления ростом, плодоношением и фитосанитарным состоянием садовой земляники / А.А. Беляев, М.В. Штерншис, Т.В. Шпатова, В.И. Лутов, А.А. Леляк, А.И. Леляк // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 44–47.
7. *Профилактика* микозов надземных органов ремонтантной малины с помощью бактериальных биоагентов / А.А. Беляев, В.И. Лутов, Н.С. Чеченина, Р.Р. Колоколов, А.А. Леляк, А.И. Леляк // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 3. – С. 7–17.
8. *Беляев А.А., Шахристова А.А.* Влияние предпосадочной обработки саженцев бактериальными штаммами на вегетативное размножение садовой земляники // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 4 (34). – С. 123–127.
9. *Стольникова Н.П., Лутов В.И.* Промышленная культура земляники в Сибири: монография / НГАУ. НИИСС им. М.А. Лисавенко. – Новосибирск, 2009. – 207 с.
10. *Методика* выявления и учета болезней плодовых и ягодных культур / ВНИИЗР (ВИЗР). – М.: Колос, 1971. – 23 с.
11. *Чумаков А.Е., Захарова Т.И.* Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур / ВАСХНИЛ. ВНИИЗР. – М.: Агропромиздат, 1990. – 127 с.

12. *Биопрепараты* для защиты растений: оценка качества и эффективности: учеб. пособие / О.М. Минаева, Е.Е. Акимова, Т.И. Зюбанова, Н.Н. Терещенко. – Томск: Изд. дом Том. гос. ун-та, 2018. – 130 с.
13. *Программа* и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: Изд–во ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. – М., 2013. – 349 с.
15. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – 2–е изд. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.

REFERENCES

1. Shternshis M.V., Dzhalilov F.S., Andreeva I.V., Tomilova O.G., *Biopreparaty v zashhite rastenij* (Biological products in plant protection), Novosibirsk, 2003, 140 p.
2. Pavljushin V.A., Novikova I.I., Bojkova I.V., *Sel'skohozjajstvennaja biologija,* 2020, Vol. 55, No. 3, pp. 421–438. (In Russ.)
3. Korobov V.A., Leljak A.I., Leljak A.A., *Zashhita i karantin rastenij*, 2014, No. 11, pp. 31–32. (In Russ.)
4. Cvetkova V.P., Maslennikova V.S., *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo proizvodstva* (Scientific support of agro–industrial production), Materials of the International Scientific and Practical Conference, Kursk, 2018, pp. 206–210. (In Russ.)
5. Cvetkova V.P., Maslennikova V.S., Nesterenko V.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. 2 (55), pp. 69–75. (In Russ.)
6. Beljaev A.A., Shternshis M.V., Shpatova T.V., Lutov V.I., Leljak A.A., Leljak A.I., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2012, No. 12, pp. 44–47. (In Russ.)
7. Beljaev A.A., Lutov V.I., Chechenina N.C., Kolokolov R.R., Leljak A.A., Leljak A.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2020, No. 3, pp. 7–17. (In Russ.)
8. Beljaev A.A., Shahristova A.A., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'*, 2021, No. 4 (34), pp. 123–127. (In Russ.)
9. Stol'nikova N.P., Lutov V.I., *Promyshlennaya kul'tura zemlyaniki v Sibiri* (Industrial culture of strawberries in Siberia), NGAU. NIISS im. M.A. Lisavenko, Novosibirsk, 2009, 207 p.
10. *Metodika vyjavlenija i ucheta boleznej plodovyh i jagodnyh kul'tur* (Methodology for detecting and recording diseases of fruit and berry crops), Moscow: Kolos, 1971, 23 p.
11. Chumakov A.E., Zaharova T.I., *Vredonosnost' boleznej sel'skohozjajstvennyh kul'tur* (Harmfulness of crop diseases), VASHNIL. VNIIZR, Moscow: Agropromizdat, 1990, 127 p.
12. Minaeva O.M., Akimova E.E., Zjubanova T.I., i dr., *Biopreparaty dlja zashhity rastenij: ocenka kachestva i jeffektivnosti* (Biological products for plant protection: assessment of quality and effectiveness), Tomsk: Izdatel'skij Dom Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018, 130 p.
13. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* (Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops), Orel, Izd–vo VNIISPK, 1999, 606 p.
14. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii* (Field experience methodology: with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2013, 349 p. (In Russ.)
15. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.

УДК 581.111: 635.9
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-125-139

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОВОДНЕННОСТИ ПОБЕГОВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ КУСТАРНИКОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ СУБАРИДНЫХ СУБТРОПИКОВ

С.Х. Вышегуров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д.А. Сакович, инженер по благоустройству
Е.В. Пальчикова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E- mail: ruguzv@rambler.ru

Ключевые слова: возобновление ресурсов, адаптация, декоративные кустарники, оводненность побегов, низкие температуры, цветение.

Реферат. *Привлекательный для туризма регион – Южный берег Крыма, в том числе окрестности Никитского ботанического сада – испытывает высокую круглогодичную антропогенную нагрузку. Это отрицательно сказывается на сохранении и возобновлении древесных и травянистых ресурсных видов, многие из которых являются декоративными, пищевыми и лекарственными. В рамках изучения возможностей возобновления ресурсов декоративных кустарников и оценки их адаптивного потенциала в условиях средиземноморских субтропиков в статье даётся характеристика содержания воды в почках и побегах на основе методики определения процентного содержания воды на сухую массу. Показана динамика оводненности побегов в зимний, весенний и осенний период. Проведен сравнительный анализ насыщения побегов водой у неустойчивых и устойчивых видов в разное время года. Определены виды с минимальным и максимальным насыщением водой почек и побегов. Указана разница, у изучаемых видов, в показателях содержания воды до насыщения в природных условиях и после, уже в лабораторных. Обращено внимание на зависимость устойчивости видов от месяца насыщения. Дана характеристика насыщения водой тканей растений при изменении погодных условий весной (дождливая и сухая погода, оттепель) при моделировании климатических условий в лаборатории. Выделены виды, у которых максимальное насыщение водой наступает как при имитации дождливой погоды, так и при оттепели. Данные исследования проведены впервые на описываемых видах в условиях средиземноморских субтропиков.*

SEASONAL DYNAMICS OF HYDRATION OF SHOOTS OF RESOURCE SPECIES OF SHRUBS IN THE MEDITERRANEAN SUBARID SUBTROPICS

S.H. Vyshegurov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
D.A. Sakovich, landscaping engineer
E.V. Palchikova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Novosibirsk, State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E- mail: ruguzv@rambler.ru

Key words: renewal of resources, adaptation, ornamental shrubs, hydration of shoots, low temperatures, flowering.

Abstracts. *An attractive region for tourism - the Southern Coast of Crimea, including the vicinity of the Nikitsky Botanical Garden – is experiencing a high year-round anthropogenic load. This has a negative impact on the conservation and renewal of woody and herbaceous resource species, many of which are ornamental, food and medicinal. As part of the study of the possibilities of renewing the resources of ornamental shrubs and assessing their adaptive potential in the conditions of the Mediterranean subtropics, the article characterizes the water content in buds and shoots based on the methodology for determining the percentage of water per dry mass. The dynamics of the hydration of shoots in winter, spring and autumn is shown. A comparative analysis of the saturation of shoots with water in unstable and stable species at different times of the year is carried out. Species with minimum and maximum water saturation of buds and shoots have been identified. The difference is indicated in the studied species in terms of water content before saturation in natural conditions and after, already in the laboratory. Attention is drawn to the dependence of species stability on the month of saturation. The characteristic of saturation of plant tissues with water is given when weather conditions change in spring (rainy and dry weather,*

thaw) when modeling climatic conditions in the laboratory. The species in which the maximum saturation with water occurs both during imitation of rainy weather and during a thaw are highlighted. These studies were conducted for the first time on the described species in the conditions of the Mediterranean subtropics.

Для более широкого понимания возможностей возобновления ресурсов декоративных кустарников в новых условиях произрастания необходимо оценить способности их приспособления к низким температурам. Один из способов приспособления – это уменьшение содержания воды в организме. Низкотемпературная устойчивость обусловлена регуляцией в побегах водного баланса. С наступлением первых холодов уменьшается оводненность побегов за счет снижения содержания воды в запасающих тканях [1].

Знание о динамике изменения содержания воды в побегах позволяет понять сроки перехода вида на новый этап приспособления в неблагоприятный низкотемпературный период года, в частности характер понижения оводнённости тканей.

В связи с этим целью нашего исследования является изучение динамики изменения содержания воды в однолетних побегах декоративных кустарников в осенне-зимне-весенний период года для расширения представления о приспособительных механизмах к низким температурам и возобновления их ресурсов в условиях Южного берега Крыма (далее – ЮБК)

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являются 19 видов древесных интродуцентов разных сроков цветения: зимне- и ранневесеннецветущие, средневесеннецветущие, поздневесеннецветущие и летнецветущие, – произрастающие на территории арборетума и в окрестностях Никитского ботанического сада – Национального научного центра (Ялта, Крым). Зимне- и ранневесеннецветущие: *Mahonia aquifolia, Chaenomeles speciosa, Lonicera fragrantissima, Jasminum nudiflorum, Forsythia viridissima*; средневесеннецветущие и поздневесеннецветущие: *Cotoneaster horizontalis, Cotoneaster glaucophyllus* ´Serotinus´ Hutchins, *Crataegus crus-galli, Cotoneaster microphulla, Exochorda alberti, Laburnum anagyroides , Spiraea vanhouttei, Pyracantha coccinea*; летнецветущие: *Cotoneaster salicifolius, Hibiscus syriacus, Spartium junceum, Deutzia scabra, Symphoricarpus alba, Euonymus japonica.* Исследования проходили 2004–2006 гг. в условиях субаридных субтропиков. Тип климата – средиземноморский (табл. 1).

Определение содержания воды проводили путем высушивания навески в термостате при 105°С [2]. Для оценивания процентного содержания воды в почках и побегах в период действия оттепелей и проливных дождей при разных температурных режимах в зимне-весенний период времени мы провели имитацию этих условий, разделив опытный материал на 4 варианта: I вариант (+3ºС) – открытый грунт; II вариант (+15ºС) – комнатные условия; III вариант (+3ºС) – открытый грунт, высокая влажность; IV вариант (+ 15ºС) – комнатные условия, высокая влажность. Для имитации влажности дождей мы помещали на 36 ч. в уличные и комнатные условия по 10 побегов каждого выбранного вида в емкость с водой, а для имитации оттепелей – в пленку без плотного заворачивания на такую же продолжительность и в таком же количестве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морозостойкость декоративных кустарников основана на способности, переносить сильное обезвоживание. В связи с этим, мы проанализировали изменение динамики содержания воды у взятых нами видов.

Таблица 1

Температурные показатели Южного берега Крыма на примере г. Ялта
Temperature indicators of the Southern coast of Crimea on the example of Yalta.

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Ср. максимум, °С	7,1	7,1	9,5	14,4	19,8	24,7	28,2	28,4	23,4	17,8	12,4	8,6
Ср. температура, °С	4,4	4,0	6,1	10,7	15,8	20,6	24,1	24,1	19,3	14,2	9,2	5,9
Ср. минимум, °С	2,3	1,6	3,5	7,7	12,6	17,2	20,5	20,5	15,9	11,2	6,7	3,7
Норма осадков, мм	76	60	51	33	34	36	31	46	41	53	68	83

Так, весной и осенью, в период возвратных заморозков, низкое содержание воды характерно для таких морозостойких видов, как *Mahonia aquifolia, Spiraea vanhouttei, Crataegus crus-galli* (см. табл. 2).

Ранее было установлено, что клетки различных видов растений имеют свой критический предел обезвоживания и сжатия, превышение которого, а не только снижение температуры, приводит к гибели [3].

Как показано на рис. 1–3, содержание воды в почках и побегах у большинства видов имеет тенденцию к снижению к концу вегетации.

Определённая разница в содержании воды в почках и побегах прослеживается в течение всего года. Эта разница зависит от этапа органогенеза при внутрипочечном развитии. Подтверждением этому является результат анализа динамики содержания воды на сухую массу, выраженный в процентах, в почках однолетних побегов у некоторых видов.

Таблица 2

Содержание воды в побегах древесных интродуцентов, % на сухое вещество, 2005 г.
Water content in shoots of woody introducents (percentage per dry matter), 2005.

Название вида	Дата					
	21.03.05	30.03.05	31.08.05	27.09.05	24.10.05	10.11.05
	Группа зимне- и ранневесеннецветущих видов					
Forsythia viridissima	108,9	101,7	75,9	111,5	112,3	118,1
Lonicera fragrantissima	126,1	96,8	96,5	68,0	61,6	89,6
Jasminum nudiflorum	94,5	97,2	67,0	78,2	93,5	106,7
Chaenomeles superba	77,1	87,6	71,6	55,6	59,7	63,6
Mahonia aquifolium	63,9	64,5	94,4	83,5	80,9	86,8
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов					
Spiraea vanhottei	51,7	64,2	54,5	50,4	55,4	62,5
Cotoneaster microphylla	73,4	83,6	104,2	90,2	78,7	69,7
Cotoneaster horizontalis	92,0	96,3	82,6	78,2	77,3	82,4
Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘Hutchins	68,3	79,3	74,8	79,4	62,5	100,7
Laburnum anagyroides	93,9	100,4	81,2	83,5	112,4	75,0
Exochorda alberti	94,2	106,0	85,0	56,9	76,6	77,4
Crataegus-crus galli	73,6	71,5	56,3	56,3	67,3	61,7
Pyracantha coccinea	70,7	72,5	86,9	82,5	99,1	98,7
	Группа летнецветущих видов					
Symphoricarpus alba	106,5	99,4	160,8	78,9	83,1	87,7
Deutzia scabra	95,6	115,0	97,6	89,9	131,5	112,3
Cotoneaster salicifolia	74,9	97,2	104,2	107,0	105,9	110,9
Euonymus japonica	197,9	184,3	213,0	115,3	257,9	254,7
Hibiscus syriacus	91,3	121,4	122,9	82,0	86,2	82,1
Spartium junceum	105,4	121,6	168,9	109,3	117,8	103,2
Spiraea bumalda	75,2	63,2	89,4	64,2	62,8	73,4

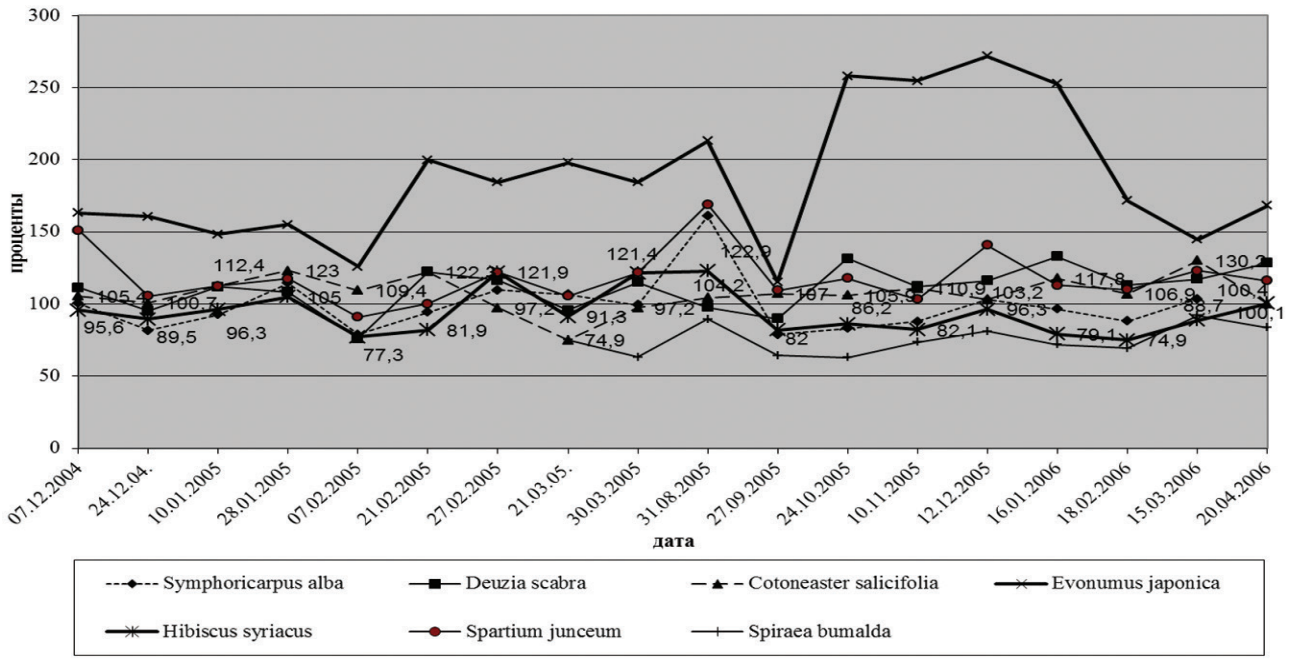


Рис. 1. Оводнение однолетних побегов летнецветущих видов кустарников в условиях Южного берега Крыма

Watering of annual shoots of summer-flowering shrub species in the conditions of the Southern Coast of Crimea

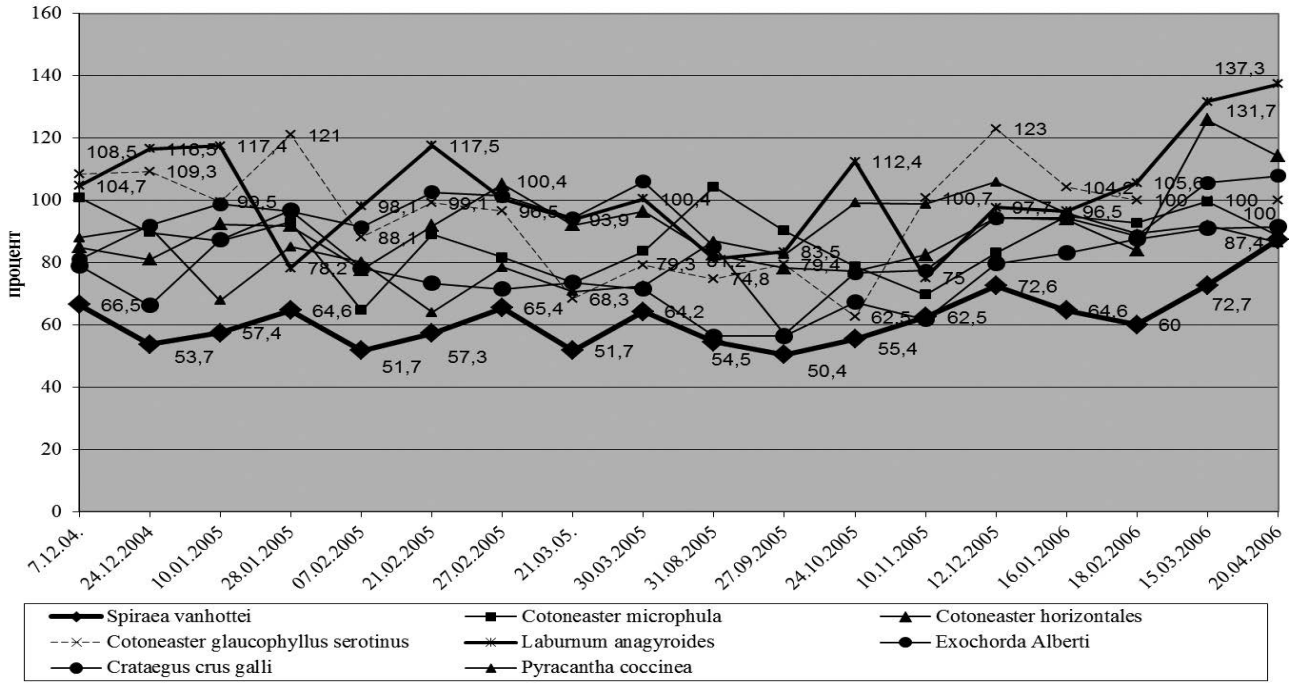


Рис. 2. Оводнение однолетних побегов средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов кустарников в условиях Южного берега Крыма

Watering of annual shoots of medium-spring-flowering and late-spring-flowering shrub species in conditions The southern coast of Crimea

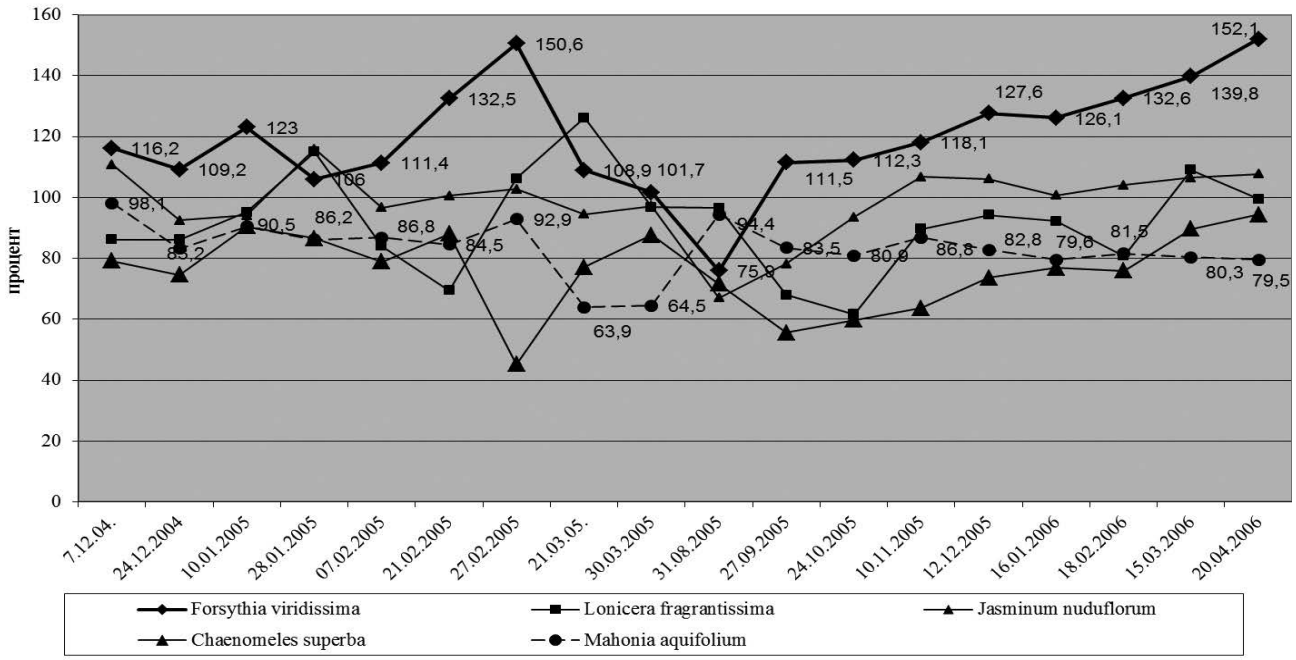


Рис. 3. Оводнение однолетних побегов зимне- и раневесеннецветущих видов кустарников в условиях Южного берега Крыма

Watering of annual shoots of winter- and early-flowering shrub species in the conditions of the Southern Coast of Crimea

Таблица 3

Содержание воды в почках однолетних побегов декоративных интродуцентов, %
Water content in the buds of annual shoots of ornamental introduced plants, %

Название вида	Дата							
	27.02.05	27.09.05	24.10.05	10.11.	12.12.05	16.01.06	18.02.	15.03.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Группа зимне-и раневесеннецветущих видов							
Mahonia aquifolium	193,0	185,9	246,5	255,0	164,3	221,7	179,6	180,3
Forsythia viridissima	---	---	85,2	131,6	210,8	166,6* 100,0**	159,5* 91,5**	278,5° 108,4**
Lonicera fragrantissima	92,2	39,3	88,3	123,5	151,3	145,8	27,9[1]	364,8
Jasminum nudiflorum	197,3	78,2	98,3	106,2	206,8* 143,6**	67,4° 87,7**	166,3°° 110,2**	399,9°° 199,9**
Chaenomeles superba	---	---	---	---	262,7°	279,9°	292,0° 114,0**	320,5°° 283,1**
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов							
Cotoneaster microphulla	---	---	---	---	---	---	547,0[1]	123,1
Cotoneaster glaucophyll.	153,0	46,5	76,3	92,2	108,2	100,2	47,7[1]	74,2
Cotoneaster horizontalis	---	---	---	---	---	---	---	---
Spiraea vanhottei	---	---	---	---	---	---	---	---
Pyracantha coccinea	---	---	---	---	---	---	784,2[1]	213,2

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Crataegus crus-galli	---	---	75,6	80,2	102,8	110,4	119,0	125,6
Laburnum anagy-roides	96,2	68,9	68,8	80,8	102,6	96,5	92,6	131,7
Exochorda alberti	---	---	---	---	---	---	252,7	325,6
	Группа летнецветущих видов							
Spartium junceum	---	---	---	---	---	---	---	---
Euonymus japonica	134,2	115,3	257,9	265,5	163,9	146,2	166,0	262,0
Symphoricarpus alba	---	---	---	---	---	---	---	---
Spiraea bumalda	---	---	---	---	---	---	---	---

* генеративные почки; º бутоны; ¹ поврежденные листья; ** вегетативные почки; °° цветки.

Таблица 4

Процентное содержание воды в побегах декоративных интродуцентов, % (2005, 2006 гг.)
Percentage of water content in shoots of ornamental introduced plants, % (2005, 2006)

Название вида	Дата				
	12.12.05	16.01.06	18.02.06	15.03.06*	20.04.06
	Группа зимне- и раневесеннецветущих видов				
Mahonia aquifolium	82,8	79,6	81,5	80,3	79,5
Forsythia viridissima	127,6	126,1	132,6	139,8	152,1
Lonicera fragrantissima	94,2	92,2	80,7	109,0	99,5
Jasminum nudiflorum	106,1	100,7	104,1	106,5	107,7
Chaenomeles superba	73,6	76,8	75,9	89,7	94,4
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов				
Cotoneaster microphylla	83,1	94,9	92,7	99,5	88,6
Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘Hutchins	123,0	104,2	100,0	100	100
Cotoneaster horizontalis	94,4	93,8	83,9	125,7	114,1
Spiraea vanhottei	72,6	64,6	60,0	72,7	87,4
Pyracantha coccinea	105,9	95,8	89,3	92,0	86,3
Crataegus crus-galli	79,6	83,1	87,5	90,9	91,5
Laburnum anagyroides	97,7	96,5	105,6	131,7	137,3
Exochorda alberti	94,2	94,3	88,4	105,6	107,8
	Группа летнецветущих видов				
Spartium junceum	140,7	113,1	109,8	123,0	116,1
Euonymus japonica	271,8	252,7	171,5	144,7	168,2
Sympforicarpus alba	102,8	96,6	88,0	103,5	---
Spiraea bumalda	81,2	71,9	69,3	92,0	83,6
Hibiscus syriacus	96,3	79,1	74,9	88,7	100,4
Deutzia scabra	116,0	132,9	113,1	117,1	128,5
Cotoneaster salicifolia	103,2	117,8	106,9	130,2	100,1

Примечание: * В этот день был дождь.

Он показал, что особенности накопления зависят от сезона года. Самый высокий показатель в зимний период и отмечен у *Lonicera fragrantissima* и *Forsythia viridissima* из группы зимне- и ранневесеннецветущих видов (см. табл. 2). Содержание воды в почках у видов других групп цветения уменьшается осенью.

Зимой в условиях ЮБК содержание воды сильно отличается в зависимости от погодных условий в период взятия проб. Помимо зимнецветущих видов, высокое содержание воды в побегах отмечено у представителей группы средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих – *Cotoneaster glaucophyllus* ´Serotinus´ Hutchins, *Laburnum anagyroides*.

К весне возрастает содержание воды у *Exochorda alberti*, а в группе летнецветущих высокое содержание воды отмечено у *Euonymus japonica, Cotoneaster salicifolius* и *Deutzia scabra*. Наименьшее содержание воды отмечалось в группе зимне- и ранневесеннецветущих у *Mahonia aquifolia* и *Chaenomeles superba*, в группе средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов у – *Spiraea vanhouttei*, в группе летнецветущих у *Spiraea bumalda* (см. табл. 2, 3).

В целом за весь период исследований, наибольшая степень оводнённости в группе зимнецветущих видов отмечена у *Mahonia aquifolium, Jasminum nudiflorum, Laburnum anagyroides, Euonymus japonica* (см. табл. 2–5). Осенью (в сентябре и октябре) некоторые наиболее устойчивые виды, в частности *Spiraea vanhottei, Crataegus crus-galli*, имеют незначительные средние показатели насыщения по сравнению с другими видами (см. табл. 5).

В табл. 2–4 показано, что насыщение водой тканей однолетних побегов во всех группах цветения наступает во второй декаде марта – третьей декаде апреля. Особенности поглощения воды изученными видами хорошо отслеживаются после прохождения дождей (15.03.06).

Таблица 5

Содержание воды в побегах древесных интродуцентов, % на сухое вещество (с декабря 2004 по февраль 2005 г.)
Water content in shoots of tree introducers, percentage per dry matter (from December 2004 to February 2005.)

Название вида	Дата						
	7.12.	24.12.	10.01	28.01.	07.02.	21.02.	27.02.
1	2	3	4	5	6	7	8
	Группа зимне- и раневесеннецветущих видов						
Forsythia viridissima	116,2	109,2	123,0	106,0	111,4	132,5	150,6
Lonicera fragrantissima	86,1	86,2	95,2	115,0	84,0	69,5	106,2
Jasminum nudiflorum	110,8	92,5	94,1	115,9	96,7	100,6	102,7
Chaenomeles superba	79,2	74,5	90,4	86,5	78,9	88,0	45,2
Mahonia aquifolium	98,1	83,2	90,5	86,2	86,8	84,5	92,9
	Группа средневесеннецветущих и поздневесенецветущих видов						
Spiraea vanhottei	66,5	53,7	57,4	64,6	51,7	57,3	65,4
Cotoneaster microphylla	100,9	89,6	87,0	93,0	64,7	89,0	81,6
Cotoneaster horizontalis	84,9	81,0	92,3	91,8	77,7	91,7	105,0
Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘Hutch	108,5	109,3	99,5	121,0	88,1	99,1	96,5
Laburnum anagyroides	104,7	116,5	117,4	78,2	98,7	117,5	100,4
Exochorda alberti	81,0	91,9	98,7	96,4	91,3	102,5	101,4
Crataegus crus-galli	79,0	66,2	87,3	96,8	78,2	73,3	71,5
Pyracantha coccinea	88,0	91,5	67,8	85,0	80,2	64,0	78,5

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8
	Группа летнецветущих видов						
Symphoricarpus alba	100,5	81,6	92,7	114,3	78,9	94,2	109,6
Deutzia scabra	111,4	95,1	111,8	108,2	76,1	122,3	116,4
Cotoneaster salicifolia	105,4	100,7	112,4	123,0	109,4	122,3	97,2
Euonymus japonica	163,0	160,5	148,3	155,0	125,8	199,7	184,3
Hibiscus syriacus	95,6	89,5	96,3	105,0	77,3	81,9	121,9
Spartium junceum	151,1	105,5	112,4	117,5	90,9	100,0	121,9

Таблица 6

Средняя степень насыщения водой почек и побегов декоративных древесных интродуцентов, %
Degree of water saturation of buds and shoots of ornamental tree introducers, %

Название вида	Место насыщения	До насыщения		После насыщения
		27.09.05	24.10.05	13.10.05
	Группа зимне- и раневесеннецветущих видов			
Mahonia aquifolium	генеративные почки*. побег	185,9 83,5	200,5 80,9	430,4 146,8
Forsythia viridissima	ген почки вег. почки. побег	108,5 --- 111,5	85,2 --- 112,3	128,2 --- 112,9
Lonicera fragrantissim	ген. почки побеги	39,3 68,0	30,5 61,6	45,6 97,3
Jasminum nudiflorum	ген. почки побег	87,5 78,2	132,2 93,5	158,3 128,2
Chaenomeles superba	побег	55,6	59,7	85,9
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов			
Cotoneaster microphylla	побег	90,2	78,7	101,8
Cotoneaster glaucophyllus	вег. почки побег	46,5 89,3	55,7 62,5	85,9 128,1
Cotoneaster horizontalis	побег.	79,4	77,3	108,6
Spiraea vanhottei	вег.-ген. п.**. побег	48,8 50,4	52,3 55,4	68,3 66,1
Pyracantha coccinea	побеги	82,5	99,1	130,0
Crataegus crus-galli	вег-ген. побег	56,3 67,8	75,6 67,3	79,2 68,0
Laburnum anagyroides	вег-ген. п. побег	68,9 83,5	68,8 102,4	127,7 107,0
	Группа летнецветущих видов			
Spartium junceum	побеги	109,3	117,8	177,1
Spiraea bumalda	вег.почки. п. побег	118,5 71,3	105,3 62,3	138,7 82,2
Euonymus japonica	ген.-вег. п. побег	115,3 212,3	257,9 219,9	360,4 300,8
Deutzia scabra	ген. п. побег	89,9 100,3	167,4 131,5	174,3 140,2
Cotoneaster salicifolia	вегет. побег	107,9 112,6	105,9 115,3	365,9 145,4

Примечание: * – далее сокращение вег., ген. почки; ** – вегетативно-генеративные почки

Так, у *Spartium junceum, Cotoneaster salicifolius, Cotoneaster microphulla, Cotoneaster horizontalis, Lonicera fragrantissima* степень оводнённости однолетних побегов была выше, чем в последующий сухой период. В конце третьей декады февраля в побегах у зимне- и ранневесеннецветущих видов и летнецветущих видов отмечается рост содержания воды, а у средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих – в начале данной декады. Исключение составляют *Pyracantha coccinea, Crataegus crus-galli* (см. табл. 5)

Если говорить о сроках, когда отмечено максимальное значение насыщения водой побегов, то у разных видов они различны. У *Mahonia aquifolium, Jasminum nudiflorum, Forsythia viridissima, Chaenomeles superba, Lonicera fragrantissima* это вторая декада января и вторая декада марта. У большинства видов, цветущих весной, – третья декада сентября и вторая–третья декады февраля.

Во второй декаде декабря рост содержания воды в побегах отмечен у декоративных кустарников группы средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих. Этот рост равномерный и наступает одновременно (см. рис. 2). У *Spartium junceum, Cotoneaster salicifolia, Deutzia scabra*, кроме февраля, рост динамики водного насыщения отмечен во второй декаде марта.

Кроме того, подобный рост отмечен у *Spiraea bumalda, Spartium junceum, Euonymus japonica* в третьей декаде августа. Наименьшее содержание воды в зимнее время было отмечено у *Mahonia aquifolium, Chaenomeles superba, Spiraea vanhottei, Hibiscus syriacus, Spiraea bumalda.* (см. табл. 2–5, рис. 1–3).

Общая динамика содержания воды в побегах в различный период года коррелирует с их устойчивостью. У видов с низкой морозоустойчивостью, которые входят в состав всех групп цветения (*Cotoneaster glaucophyllus* ´Serotinus´ Hutchins*, Jasminum nudiflorum, Cotoneaster salicifolia)*, отмечается высокое содержание воды в побегах.

Наивысшая степень адаптивности присуща интродуцентам, которые способны сохранять за счет корреляционных перестроек относительную устойчивость уровня взаимодействия с погодными факторами.

Немаловажную роль в этом играет пластичность адаптации к влиянию неблагоприятных факторов в осенне-зимне-весенний период года. Она отражает широту потенциала устойчивости растений.

Давно известно, что на растения оказывают влияние не отдельные показатели климата – температура, влажность, а закономерный ход этих факторов в их сочетании, напряжении и колебании в течение всего года [4].

Высокое содержание воды в вегетативных почках, как правило, зимне- и ранневесеннецветущих кустарников, коррелирует с уровнем адаптации к низким температурам.

Негативно влияют на подготовку к зимовке дождливые годы, когда в период вегетации растения не проходят всех этапов закаливания. Напротив, в годы с засушливыми вегетационными периодами у растений наступает торможение ряда морфофизиологических процессов.

Известно, что менее морозоустойчивые растения имеют больший запас воды осенью, чем более морозоустойчивые. Это согласуется с данными наших исследований.

Так, изучение особенностей динамики содержания воды в осенний период года показало, что максимум прослеживается в почках и побегах у *Euonymus japonica*, а минимум наблюдается у *Spiraea vanhottei, Crataegus cruss-galli, Lonicera fragrantissima.* По степени уменьшения насыщения водой в процентном отношении виды распределены следующим образом: в почках независимо от специализации – *Euonymus japonica, Mahonia aquifolium, Jasminum nudiflorum;* в побегах – *Euonymus japonica, Spartium junceum, Cotoneaster salicifolia, Deutzia scabra, Pyracantha coccinea, Mahonia aquifolium*. (см. табл. 2–7).

Важным этапом в режиме насыщения водой почек и побегов является действие оттепели и осадков. Кроме того, по литературным данным, избыточная увлажненность препятствует нормальному закаливанию растений [5].

Таблица 7

Содержание воды в побегах древесных интродуцентов, % на сухое вещество (2005 г.)
Water content in shoots of woody introduced species (percentage on dry matter), 2005

Название вида	Дата	Дата	Дата	Дата	Дата	Дата
	21.03.05	30.03.05	31.08.05	27.09.05	24.10.05	10.11.05
	Группа зимне и ранневесеннецветущих видов					
Forsythia viridissima	108,9	101,7	75,9	111,5	112,3	118,1
Lonicera fragrantissima	126,1	96,8	96,5	68,0	61,6	89,6
Jasminum nudiflorum	94,5	97,2	67,0	78,2	93,5	106,7
Chaenomeles superba	77,1	87,6	71,6	55,6	59,7	63,6
Mahonia aquifolium	63,9	64,5	94,4	83,5	80,9	86,8
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов					
Spiraea vanhottei	51,7	64,2	54,5	50,4	55,4	62,5
Cotoneaster microphylla	73,4	83,6	104,2	90,2	78,7	69,7
Cotoneaster horizontalis	92,0	96,3	82,6	78,2	77,3	82,4
Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘Hutchins	68,3	79,3	74,8	79,4	62,5	100,7
Laburnum anagyroides	93,9	100,4	81,2	83,5	112,4	75,0
Exochorda alberti	94,2	106,0	85,0	56,9	76,6	77,4
Crataegus-crus galli	73,6	71,5	56,3	56,3	67,3	61,7
Pyracantha coccinea	70,7	72,5	86,9	82,5	99,1	98,7
	Группа летнецветущих видов					
Symphoricarpus alba	106,5	99,4	160,8	78,9	83,1	87,7
Deutzia scabra.	95,6	115,0	97,6	89,9	131,5	112,3
Cotoneaster salicifolia	74,9	97,2	104,2	107,0	105,9	110,9

Анализ содержания воды в органах однолетних побегов в период действия различных положительных температур в третьей декаде марта 2005 г. показал, что для видов, обладающих высокой устойчивостью – *Deutzia scabra, Spiraea vanhottei, Forsythia viridissima*, характерно активное насыщение водой в период имитации дождей. Для *Forsythia viridissima* характерно водное насыщение не только в период дождей, но и при имитации оттепели. Степень оводнения как почек, так и побегов, как правило, в этот период не зависит от условий.

Исключение составляет период оттепели при +15°С. У *Forsythia viridissima* состояние насыщения в органах распределялось по степени уменьшения: генеративные почки – вегетативные почки – побеги. Насыщение генеративных почек у вышеуказанного вида зависело от температуры: при +3°С оно меньше, при +15°С увеличивалось. При +15°С и «дождливой погоде» самый высокий показатель насыщения почек характерен для *Spiraea vanhottei* (192,7%) и *Deutzia scabra* (234,5%)

У побегов *Spiraea vanhottei* повышение приурочено к тем же условиям, но при +3°С, а у *Deutzia scabra* совпадает с датой увеличения содержания воды (табл. 8). Для почек большинства видов характерен осенний рост насыщения водой (третья декада октября – вторая декада ноября). Максимум отмечен у почек *Mahonia aquifolium* и *Euonymus japonica*, а минимум у *Laburnum anagyroides, Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins и *Jasminum nudiflorum*. Максимум составил от 185 до 260%, а минимум – от 39 до 110%.

Второй рост насыщения отмечен со второй декады февраля у *Lonicera fragrantissima, Jasminum nudiflorum, Deutzia scabra, Laburnum anagyroides,* Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘Hutchins (см. рис. 1–3). Эти осо-

бенности сопоставимы с характером развития элементов почек. Большинство видов, у которых прослеживался в ноябре большой процент оводнения почек, были на V–VI этапах развития, что соответствует завершению развития цветковых элементов и подготовки их к созреванию пыльцы; исключение составляет *Deutzia scabra* (IV этап). У тех видов, у которых в почках отмечалось начало роста водного насыщения, были в большинстве случаев на III–IV этапе органогенеза, что соответствует началу формирования элементов почки, развитию зачаточных соцветий и закладки цветков соцветия. В феврале у всех видов, за исключением *Mahonia aquifolium,* отмечен V этап, а у двух видов – *Jasminum nudiflorum, Lonicera fragrantissima* – VIII этап, что соответствует цветению. Таким образом, наблюдается зависимость насыщения почек водой от этапа развития и сроков его наступления.

У *Mahonia aquifolium, Jasminum nudiflorum, Lonicera fragrantissima* повышенное содержание воды наблюдается в ноябре. Большая потребность в водном насыщении почек повторно отразится только в период цветения.

Таблица 8

Содержание воды в почках декоративных древесных интродуцентов, %
Percentage of water content in buds of ornamental tree introduced species.

Название вида	Специализация почек	21.03.05	Контроль	Опыт		
		I в оттепель улица. +3˚С	II в комната. +15˚С	III в ул. вода. +3˚С	IV в комн. вода +15˚С	19.03.05.
	Группа зимне- и ранневесеннецветущих видов					
Mahonia aquifolium	Генеративные	---	---	---	---	---
Forsythia viridissima	Генеративно-Вегетативные	157,6 97,3	245,2 108	230,5 114,8	291,6 125,0	186,4 123,0
Lonicera fragrantissima	Генеративные	---	---	---	---	---
Jasminum nudiflorum	Генеративные	---	---	---	---	---
	Группа средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих видов					
Cotoneaster glaucophyllus ‘Serotinus‘ Hutchins	Вегетативные	100,2	45,0	88,2	101,0	96,4
Spiraea vanhottei	Генеративно-Вегетативные	90,0	33,9	97,5	192,7	185,0
Laburnum anagyroides	Генеративно-Вегетативные	---	---	---	---	---
	Группа летнецветущих видов					
Deutzia scabra	Генеративные	135,7	32,0	177,5	234,5	39,0

У некоторых видов, таких как *Deutzia scabra, Euonymus japonica, Cotoneaster salicifolia*, которые цветут летом, наблюдается высокая степень оводнённости почек в ноябре и резкое повышение её в феврале, наряду с другими видами, характерно пролонгированное прохождение IV и V этапов.

У *Mahonia aquifolium, Forsythia viridissima* с первой декады февраля по третью декаду марта и с третьей декады сентября по вторую декаду декабря отмечен активный процесс насыщения

побегов водой. Так, например, в первый период с февраля по март процентное содержание у *Forsythia viridissima* составило 111,4–150,6%, у *Mahonia aquifolium* – 86,8–92,9 %. С третьей декады сентября у *Forsythia viridissima* отмечено стабильное насыщение побегов водой – 111,5–152,1% (см. рис. 3).

У *Spiraea vanhottei, Laburnum anagyroides, Pyracantha coccinea, Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins начало увеличения процентного содержания воды отмечено с третьей декады сентября по вторую декаду декабря. В данный период у зимостойких видов таких, как *Spiraea vanhottei*, содержание воды увеличивается и составляет от 50,4 до 72,6%, а максимальным оно было у *Laburnum anagyroides* (79,4–97,7%). У незимостойких видов в указанный период содержание воды увеличивалось в большей степени. Так, у *Pyracantha coccinea* оно составило 83,5–105,9 %, а у *Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins 62,5–123% (см. рис. 2).

У зимостойких видов *Deutzia scabra, Hibiscus syriacus, Symphoricarpus alba* оводненность имеет среднее значение 95% (третья декада декабря) и 140% (третья декада августа). Виды, обладающие низкой зимостойкостью, имеют показатели более высокие, например, *Cotoneaster salicifolia* – 130 % (вторая декада марта) и *Spartium junceum* – 105% (третья декада декабря). Самая большая оводнённость – 160–265% была обнаружена во второй–третьей декадах декабря у *Euonymus japonica*. В побегах зимостойких видов во второй декаде февраля и третьей декаде марта отмечено поэтапное возрастание показателей оводнённости. Процент оводнённости в почках и побегах в период оттепелей в январе у видов, которые входят в число устойчивых, составила в почках *Spiraea vanhottei, Laburnum anagyroides* 53–56%, в побегах – 88–98%. Это наименьшие показатели среди всех видов (см. табл. 2–7).

Анализируя содержание воды в тканях растений в марте 2005 г. при температуре +3°С, +15°С, мы пришли к выводу, что по сравнению с контрольным вариантом все исследованные нами растения в опыте имели максимальное количество воды. По сравнению с другими видами минимальное количество воды содержится у *Spiraea vanhottei*, в почках (90 %) (см. табл. 8).

Сравнивая средние показатели насыщения водой почек некоторых видов в марте 2005 г. при различных природных условиях (оводнение, оттепель) по степени насыщения водой от большего значения к меньшему, можно выстроить следующий ряд: *Forsythia viridissima – Deutzia scabra – Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins – *Spiraea vanhottei*.

Таким образом, динамика содержания воды входит в число важных механизмов адаптации. Несмотря на общие схемы их протекания, существуют и определённые особенности. Например, чем устойчивее вид, тем ниже содержание воды. Для зимостойких видов характерно равномерное распределение воды в почках и тканях. Как уже было сказано, особенности накопления воды зависят от сезона года.

Изучая влияние низких температур на устойчивость древесных растений, П.А. Генкель [6] отмечает, что неблагоприятное воздействие стресс-фактора на растение зависит от степени, глубины и продолжительности этого действия. Это подтверждается и другими исследованиями [7].

Большое содержание воды в тканях у «южан» является, по-видимому, приспособлением против зимне-весеннего иссушения, которое часто отмечается в местах их исконного произрастания.

В ряде исследований отмечено снижение оводненности тканей и более высокое содержание сухого вещества у видов, которые хорошо переносят неблагоприятные факторы среды [8].

Определено, что низкое содержание воды в зимний период года характерно для большинства древесных растений, которые хорошо закаливаются с дальнейшим повышением морозостойкости [9].

Ряд авторов считают, что гибель древесных растений от зимнего иссушения не происходит в силу того, что вызревшие побеги с хорошо развитыми покровными тканями надежно защищены от зимнего иссушения [10–12]. По мнению некоторых ученых, побеги по мере созревания обезвоживаются [13, 14]. Зимостойкие виды имеют большее обезвоживание, как в коре, так и в древесине. Некоторые исследования показали, что растения, сохраняющие воду в межклеточном пространстве в незамерзшем

состоянии, могут переносить морозы до -40ºС [15].

В условиях Южного берега Крыма, если процесс насыщения водой протекает в течение всей зимы или начинается поздней весной, её содержание в побегах достаточно высокое. Примером могут быть *Mahonia aquifolium, Jasminum nudiflorum, Laburnum anagyroides, Euonymus japonica.*

Для почек большинства видов с различными сроками цветения отмечен осенний рост насыщения водой (третья декада октября – вторая декада ноября).

Минимум насыщения отмечен у *Laburnum anagyroides, Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins и *Jasminum nudiflorum*. Вторая волна роста насыщения отмечена со второй декады февраля у *Lonicera fragrantissima, Jasminum nudiflorum, Deutzia scabra, Laburnum anagyroides, Cotoneaster glaucophyllus* ‘Serotinus‘Hutchins.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что причины разной динамики содержания воды в почках и тканях однолетних побегов у декоративных кустарников разных сроков цветения в неблагоприятный период года, как элемент, влияющий на потенциал их устойчивости к низким температурам, могут быть различными. Понимание этого явления позволяет более точно определить ассортимент видов для потенциального возобновления их ресурсов на Южном берегу Крыма.

2. В состоянии покоя у декоративных кустарников содержание воды в побегах коррелирует с устойчивостью видов. Чем ниже содержание воды, тем выше устойчивость. В то же время ритм насыщения тканей в период вегетации может быть разным. Прежде всего, это зависит от этапа развития вида. К примеру, у цветущих зимой видов содержание воды в почках больше, чем в побегах, а весной оно достигает максимума.

3. Для видов с низкой устойчивостью, характерна высокая степень насыщения водой тканей побегов в период дождей по сравнению с сухими днями. Кроме дождливой погоды, на повышение содержания воды влияет и оттепель при высоких температурах.

4. Максимальное насыщение водой в обычных условиях для зимнецветущих видов наступает во второй декаде января и второй декаде марта, в группе средневесеннецветущих и поздневесеннецветущих подобное насыщение отмечено во второй декаде декабря, а у летнецветущих видов – в третьей декаде августа. Наименьшее содержание воды отмечено у побегов *Mahonia aquifolia, Chaenomeles superba, Spiraea vanhouttei, Hibiscus syriacus, Spiraea bumalda.* Для почек большинства видов характерен осенний рост насыщения водой (третья декада октября – вторая декада ноября). В процентном выражении наибольшее насыщение водой у зимнецветущих видов отмечено с первой декады февраля по третью декаду марта и с третьей декады сентября по вторую декаду декабря. К примеру, у *Forsythia viridissima* – 111,4–150,6%, у *Mahonia aquifolia* – 86,8–92,9%. У летнецветущих интродуцентов всё зависит от устойчивости того или иного вида. Так, у *Spartium junceum* насыщение водой составило 105,5% в третьей декаде декабря, *Cotoneaster salicifolia* – 130% – во второй декада марта, у устойчивых видов, таких как *Hibiscus syriacus, Symphoricarpus alba, Deutzia scabra,* – 95% в третьей декаде августа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Визгин Р.Я.* Механизмы адаптации древесных растений. – М.: Аура, 2017. – С. 25.
2. *Физиологические* и биофизические методы в селекции плодовых культур / Т.С. Елманова, А.И. Лищук, Ю.В. Иващенко [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1991. – С. 23–38.
3. *Климентова Е.Г., Сатаров Г.А, Зудова Т.А.* Приспособление и устойчивость растений: учеб. пособие. – Ульяновск, 2006. – С. 5, 8.
4. *Гирник Д.В.* Водный режим древесных пород зимой и зимняя засуха // Тр. Ин-та леса. – М: Изд-во АН СССР, 1956. – Т. XXVII. – С. 58.
5. *Лучник З.И.* Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. – М: Колос, 1970. –560 с.

6. *Генкель П.А.* Физиология устойчивости растительных организмов // Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: МГУ, 1967. – Т. 3. – С. 87–265.
7. *Шматько И.Г.* Водный режим растений в связи с действием факторов среды. – Киев: Наукова думка, 1983. – 157 с.
8. *Коновалова Т.Ю.* Лучшие декоративные кустарники: монография. – 2005. – С. 134–144.
9. *Болиджян Н.Б.* Особенности содержания воды в побегах древесных видов в неблагоприятный низкотемпературный период года // Бюл. Бот. сада Арм. АН. – 2008. – Вып. 28. – С. 34–39.
10. *Раскатов П.Б.* К изучению водного режима деревьев и кустарников в зимний период в условиях лесостепи Европейской части СССР // Советская Ботаника. – 1939. – № 2. – С. 39.
11. *Иванов Л.А.* Свет и влага в жизни наших древесных пород // Тимирязевское чтение. – М.: Изд-во АН СССР, 1946. – С. 78.
12. *Гурский А.В.* Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. – М.; Л.; Изд-во АН СССР, 1957. – С. 111.
13. *Васильева З.В.* Регуляция водного баланса в клетках тканей растений. – М.: Просвещение, 1930. – 45 с.
14. *Васильева З.В.* Устойчивость растений и обезвоживание тканей. – М.: Просвещение, 1956. – 34 с.
15. *Трунова Т.И.* Растения и низкотемпературный стресс. – М.: Наука, 2007. – С. 54.

REFERENCES

1. Vizgin R.Ya., *Mehanizmy adaptacii drevesnyh rastenij* (Mechanisms of adaptation of woody plants), Moscow: Aura, 2017, p. 25.
2. Elmanova T.S., Lischuk A.I., Ivashchenko Yu.V. et al., *Fiziologicheskie i biofizicheskie metody v selekcii plodovyh kul'tur* (Physiological and biophysical methods in the selection of fruit crops), Moscow: VASHNIL, 1991, pp. 23.
3. Klimentova E.G., Satarov G.A., Zudova T.A., *Prisposoblenie i ustojchivost' rastenij* (Adaptation and resistance of plants), Ulyanovsk, 2006, pp. 5, 8.
4. Girnik D.V., *Trudy instituta lesa*, Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1956, Vol. XXVII, pp. 58. (In Russ.)
5. Luchnik Z.I., *Introdukcija derev'ev i kustarnikov v Altajskom krae* (Introduction of trees and shrubs in the Altai Territory), Moscow: Kolos, 1970, 560 p.
6. Genkel P.A., *Fiziologija sel'skohozjajstvennyh rastenij*, Moscow: MSU, 1967, Vol. 3, pp. 87–265. (In Russ.)
7. Shmatko I.G., *Vodnyj rezhim rastenij v svjazi s dejstviem faktorov sredy* (Water regime of plants in connection with the action of environmental factors), Kiew: Naukova Dumka, 1983, 157 p.
8. Konovalova T.Yu., *Luchshie dekorativnye kustarniki* (The best ornamental shrubs), 2005. – pp. 134-144.
9. Bolijyan N.B., *Bjulleten' Botanicheskogo sada Armjanskoj akademii nauk*, 2008, Issue 28, pp. 34–39. (In Russ.)
10. Raskatov P.B., *Sovetskaja botanika*, 1939, No. 2, pp. 39. (In Russ.)
11. Ivanov L.A., *Timirjazevskoe chtenie*, Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1946, p. 78. (In Russ.)
12. Gursky A.V., *Osnovnye itogi introdukcii drevesnyh rastenij v SSSR* (The main results of the introduction of woody plants in the USSR), Moscow, Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1957, pp. 111.
13. Vasilyeva Z.V., *Reguljacija vodnogo balansa v kletkah tkanej rastenij* (Regulation of water balance in plant tissue cells), Moscow: Prosveshhenie, 1930, 45 p
14. Vasilyeva Z.V., *Ustojchivost' rastenij i obezvozhivanie tkanej* (Plant resistance and tissue dehydration), Moscow: Prosveshhenie, 1956, 34 p.
15. Trunova T.I., *Rastenija i nizkotemperaturnyj stress* (Plants and low–temperature stress), Moscow: Nauka, 2007, pp. 54.

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:616.995.132.5:615.036.8
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-140-146

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ПРЕПАРАТА КЛОЗАЛБЕНТ Ф НА ТКАНИ И ЦИТОСТРУКТУРУ ТРЕМАТОДЫ *FASCIOLA GIGANTICA* (COBBOLD, 1855)

[1,2]**А.М. Биттиров,** доктор биологических наук, профессор

[1]**А.А. Газаева,** преподаватель-исследователь

[1]**И.А. Биттиров,** аспирант

[2]**Р.Б. Биттиров,** соискатель

[1]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия

[2]Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФАНЦ Республики Дагестан, Махачкала, Россия

E-mail: bam_58a@mail.ru

Ключевые слова: корова, трематода *Fasciola gigantica*, Клозалбент Ф, эффективность, биобезопасность, клетка, ткань, морфология.

Реферат. *Целью исследования явилась патоморфологическая оценка действия нового препарата Клозалбент Ф (Clozalbent F) на популяции трематоды Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) при моноинвазии фасциолеза у коров. В эксперименте на 7–10-е сутки после однократного перорального применения спонтанно зараженным трематодами Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) коровам эффекты препарата Клозалбент Ф (Clozalbent F) дозе 1,25 г/10 кг живой массы проявляются в форме необратимых патоморфологических изменений в органах и тканях марит и премарит. В организме трематод нарушаются углеводный, белковый, водный и солевой обмены, образуются токсины, усиливается гидропическая дистрофия тканей с накоплением в них большого количества воды. Гидратация клеток и тканей Fasciola gigantica вызывает их набухание, затем распад и некроз. Под влиянием Клозалбента Ф в тегументе трематод образуются вакуоли в межклеточных пространствах, заполненные мутной влагой. В организм Fasciola gigantica препарат попадает через неодермис, вызывая у половозрелых трематод необратимые патоизменения (деструкции, дезорганизации, декомпозиции, автолиз, белковую, углеводную, гидропическую дистрофии, некробиозы и некрозы) клеток и тканей. На 7–10-е сутки эксперимента после действия нового препарата Клозалбент Ф дозе 1,25 г/10 кг живой массы у марит F. gigantica выявлены полный распад клеток тегумента, присосок и гениталий, что подтверждено гистологическими методами (ТС, БФС, СА, ШИК) и свидетельствует о его высокой эффективности и биобезопасности при фасциолезе коров.*

PATHOLOGICAL EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE DRUG CLOZALBENT F ON TISSUES AND CYTOSTRUCTURE OF THE TREMATODE *FASCIOLA GIGANTICA* (COBBOLD, 1855)

[1,2] **A.M. Bittirov,** Doctor of Biological Sciences, Professor

[1,2] **A.A. Gazaeva**, Teacher-Researcher

[1]**I.A. Bittirov**, PhD student

[2]**R.B. Bittirov**, Co-applicant

[1]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after. V.M. Kokova, Nalchik, Russia

[2]Caspian Zonal Research Veterinary Institute - a branch of the Federal Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

E-mail: bam_58a@mail.ru

Keywords: cow, trematode, Fasciola gigantica, Clozalbent F, efficiency, biosafety, cell, tissue, morphology.

Abstract. *The aim of the study was a pathomorphological evaluation of the effect of the new drug Clozalbent F (Clozalbent F) on populations of the trematode Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) with monoinvasion of*

fasciolesis in cows. In the experiment, on days 7-10 after a single oral application to cows spontaneously infected with trematodes Fasciola gigantica, the effects of the drug Clozalbent F (Clozalbent F) at a dose of 1.25 g/10 kg of live weight appear in the form of irreversible pathomorphological changes in organs and tissues marit and premarital. In the body of trematodes, carbohydrate, protein, water and salt metabolism is disturbed, toxins are formed, and hydropic dystrophy of tissues increases with large amounts of water in them. Hydration of F. gigantica cells and tissues causes them to swell, then decay and necrosis. Under the influence of Closalbent F, vacuoles are formed in the tegument of trematodes in the intercellular spaces filled with turbid moisture. The drug enters the body of F. gigantica through the neo-dermis, causing irreversible path changes (destruction, disorganisation, decomposition, autolysis, protein, carbohydrate, hydropic dystrophy, necrobiosis and necrosis) of cells and tissues in mature trematodes. On the 7-10th day of the experiment, after the action of the Clozalbent F at a dose of 1,25 g/10 kg of live weight, F. gigantica marita showed complete disintegration of tegument, suckers and genitalia cells, which was confirmed by histological methods (TS, BFS, SA, CHIC) and testifying to its high efficiency and biosafety fasciolesis in cow.

Дегельминтизация животных как метод борьбы с гельминтозами остается основной мерой для обеспечения эпизоотического благополучия. Поэтому поиск гельминтоцидов, скрининг их антигельминтной эффективности и биобезопасности с применением гистологических, гистохимических и микроскопических методов важны для понимания фармакодинамики и фармакокинетики новых антипаразитарных препаратов [1–13]. В фармакологии вермицидов необходимо изучение механизма действия на паразита, а также динамики структурных изменений в тканях [3, 5–15].

Цель работы – патоморфологическая оценка действия препарата Клозалбент Ф на ткани и цитологическую структуру трематоды *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) у коров при спонтанной фасциолезной инвазии.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для гистологических исследований послужили разновозрастные популяции трематоды *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) в количестве 120 экз., полученные при вскрытии печени 15 спонтанно зараженных коров через 3–20 суток после однократной пероральной дачи с кормом нового препарата Клозалбент Ф в дозе 1,25 г в расчете на 10 кг живой массы коров при моноинвазии гигантского фасциолеза. Контролем являлись трематоды *Fasciola gigantica* до воздействия препарата Клозалбент Ф. Трематод консервировали в этиловом спирте, готовили гистологические срезы (120 экз.) и исследовали общепринятыми в гистологии методами. Окраску срезов проводили гематоксилин-эозином, а также применяя ТС–толуидиновый синий, СА – синий альциановый, БФС – бромфеноловый синий и по Мак-Манусу – ШИК-реакцию [1, 9, 13]. Результаты испытания Клозалбента Ф в дозе 1,25 г на 10 кг живой массы при фасциолезе коров подвергали статистической обработке по программе «Биометрия», $P<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Патоморфологическая оценка действия Клозалбента Ф (Clozalbent F) на популяции трематоды *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) при моноинвазии фасциолеза у коров входила в задачи скрининговых исследований нового препарата. В эксперименте на 7–10-е сутки после однократного перорального применения спонтанно зараженным трематодами *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) коровам препарата Клозалбент Ф в дозе 1,25 г/ 10 кг живой массы проявляются необратимые патоморфологические изменения в органах и тканях марит и премарит. В организме трематод стадийно нарушается белковый, углеводный, водный и солевой обмен, образуются токсины, усиливается гидропическая дистрофия тканей с накоплением в них большого количества воды. Гидратация клеток и тканей *Fasciola gigantica* вызывает их набухание, затем распад и некроз. Под влиянием Клозалбента Ф в тегументе трематод образуется много вакуолей с гипергидратацией межклеточного пространства в тканях.

В организм *Fasciola gigantica* препарат попадает через неодермис, вызывая у половозрелых трематод необратимые патоизменения, деструкции, дезорганизации, декомпозиции, автолиз, белковую, углеводную, гидропическую дистрофии, клеточные и тканевые некробиозы, некрозы. После действия Клозалбента Ф

у марит *Fasciola gigantica* уже на 7-е сутки эксперимента выявлен полный распад клеток тегумента, присосок и гениталий, что свидетельствует о его высокой эффективности и биобезопасности при фасциолезе коров, что подтверждено гистологическими методами (ТС, БФС, АС, ШИК) (табл. 1, 2).

На гистологическом уровне новый препарат у трематод *Fasciola gigantica* вызывает некроз клеток тегументного слоя. Опытный образец Клозалбента Ф вызывал разрушение всех слоев покрова *Fasciola gigantica,* клеток эпителия кишечника и гениталий трематод (см. табл. 1, 2, табл. 3). Клозалбент Ф в тканях марит *Fasciola gigantica* вызывает гидролиз высокомолекулярных белковых и полисахаридных соединений, деструкцию и полное разрушение клеточных и тканевых структур. Препарат оседает на поверхности неодермиса *Fasciola gigantica* и вызывает блокирование синтеза и всасывания олигосахаридных, полисахаридных, гликопротеидных, гликолипидных и мукополисахаридных соединений и комплексов в клетках и тканях. Клозалбент Ф также снижает адгезивные свойства трематод, а тем самым и последовательность звеньев в паразито-хозяинных отношениях.

Даже в небольшой дозировке Клозалбент Ф вызывает блокирование у *Fasciola gigantica* рецепторов гликокаликса и нарушает обмен веществ. Под действием препарата отмечается усиление проницаемости пор, снижение количества углеводов в наружной части неодермиса трематод.

Таблица 1

Патоморфологические и функциональные изменения в органах и тканях трематоды *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) на фоне действия Клозалбента Ф [14]
Pathomorphological and functional changes in the organs and tissues of the trematode Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) against the background of the action of Clozalbent F [14]

Клеточные и тканевые патоизменения	Органы и ткани трематоды *Fasciola gigantica*			
	неодермис	паренхима	гениталии	кишечник
Дистрофии				
белковая	+++	+++	+++	+++
углеводная	+++	+++	+++	+++
гидропическая	+++	+++	+++	+++
Изменения в клетках и тканях:				
аутолиз	+++	+++	+++	+++
базофилия	++±	±±±	+++	+++
деструкция	+++	+++	+++	+++
дезорганизация	+++	+++	+++	+++
декомпозиция	+++	+++	+++	+++
некробиоз	+++	+++	+++	±±±
некроз	++±	+++	+++	+++

Примечание. (+) – реакция положительная; (–) – реакция отрицательная; (+) – в паткартинах незначительные морфофункциональные изменения; (++) – выраженные морфофункциональные изменения; (+++) – необратимые изменения в паткартине тканей; (±) – паткартины тканей с разной степенью проявления.
Note. (+) – positive reaction; (–) – negative reaction; (+) – there are minor morphofunctional changes in the pathological pictures; (++) – pronounced morphofunctional changes; (+++) – irreversible changes in tissue pathology; (±) – tissue patterns with varying degrees of manifestation.

Картина разрушения неодермиса и эпителия кишечника *Fasciola gigantica* при воздействиях Клозалбента Ф на ткани видна даже при слабом окрашивании с АС и подтверждается увеличением в тканевом содержимом ШИК-положительных веществ, что связано с токсическим действием препарата на активность ферментных систем *Fasciola gigantica*. Разрушительное действие Клозалбента Ф на органы и ткани трематод проявляется в виде снижения реакции с БФС и неравномерного окрашивания структурных элементов пре- и имагинальных трематод. В гистосрезах наблюдали бледное окрашивание ТС клеток паренхимы трематод *Fasciola gigantica* и дезорганизацию соединительнотканных волокон.

После действия Клозалбента Ф в неодермисе, кишечнике и гениталиях трематод выявлено большое число ядер клеток с разрушенным генетическим аппаратом и интенсивная патологическая пролиферация ядер неодермиса и клеток эпителия кишечника *Fasciola gigantica* с увеличенным содержанием ДНК, возрастанием базофильности плазмы ядер как результат токсического влияния препарата на трематод, что проявляется кариопикнозом и кариолизисом в клетках всех органов трематод (см. табл. 2).

Таблица 2

Морфофункциональные патоизменения ядер клеток тегумента и кишечного эпителия *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) после действия Клозалбента Ф

Morphofunctional path changes in the nuclei of tegument cells and intestinal epithelium of Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) after the action of Clozalbent F.

Индикаторы	Изменения картины ядра клеток *Fasciola gigantica*	
	премариты	мариты
Картина базофилии	±±±	+++
Картина пролиферации	Эпителий +	Эпителий ++
Картина кариопикноза	+++	±±±
Картина кариорексиса	+++	+++
Картина кариолизиса	+++	+++

Примечание. (+) – положительная цитологическая реакция; (–) – отрицательная цитологическая реакция; (+) – картина со слабо выраженными цитологическими изменениями; (++) – картина с выраженными тканевыми и цитопатологическими изменениями; (+++) – картина с сильно необратимыми ткане-и цитопатологическими изменениями; (±) – картина с разной степенью тканевых и цитолопатологических изменений.
Note. (+) – positive cytological reaction; (–) – negative cytological reaction; (+) – a picture with mild cytological changes; (++) – a picture with pronounced tissue and cytopathological changes; (+++) – a picture with highly irreversible tissue and cytopathological changes; (±) – a picture with varying degrees of tissue and cytopathological changes.

Опытный образец Клозалбента Ф в дозе 1,25 г в расчете на 10 кг живой массы вызывает значительные патологические изменения в морфологии клеток гениталий трематоды *Fasciola gigantica*, которые выражались дистрофиями, деструкцией белков, накоплением углеводов в клетках при инфильтрации и ферментопатии. В семенниках нарушается сперматогенез, в матке – овогенез с полным прекращением развития яиц (см. табл. 3). При гистохимических исследованиях отсутствие гликогена в тканях после действия Клозалбента Ф указывает на преобладание в органах трематод реакций катаболизма с нарушением синтеза жизненно важных биогенов.

Таблица 3

Цито- и тканевые изменения инфраструктуры половой системы *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855) на фоне действия Клозалбента Ф [14]

Cyto- and tissue changes in the infrastructure of the reproductive system of Fasciola gigantica (Cobbold, 1855) against the background of the action of Clozalbent F [14]

Тканевые и клеточные изменения	Репродуктивные органы *Fasciola gigantica*		
	семенники	яичники	петли матки
1	2	3	4
Дистрофии	+++	+++	+++
белковая			
углеводная	+++	+++	+++
гидропическая	+++	+++	+++
Изменения в клетках и тканях			
аутолиз	+++	+++	+++
базофилия	+	++	++

Окончание табл. 3

1	2	3	4
деструкция	+++	+++	+++
дезорганизация	+++	+++	+++
декомпозиция	+++	+++	+++
кариопикноз	++	+++	+++
кариорексис	+++	+++	+++
кариолизис	+++	+++	+++
некробиоз	+++	+++	+++
некроз	+++	+++	+++

Примечание. (+) – положительная тканевая и цитологическая реакция; (–) – отрицательная тканевая и цитологическая реакция; (+) – картина со слабо выраженными тканевыми и цитологическими изменениями; (++) – картина с выраженными тканевыми и цитопатологическими изменениями; (+++) – картина с сильно необратимыми ткане-и цитопатологическими изменениями; (±) – картина с разной степенью тканевых и цитопатологических изменений.
Note. (+) – positive tissue and cytological reaction; (–) – negative tissue and cytological reaction; (+) – a picture with mild tissue and cytological changes; (++) – a picture with pronounced tissue and cytopathological changes; (+++) – a picture with highly irreversible tissue and cytopathological changes; (±) – a picture with varying degrees of tissue and cytopathological changes.

Как видим, влияние Клозалбента Ф в дозе 1,25 г в расчете на 10 кг живой массы на *Fasciola gigantica* проявлялись деформациями и некрозом тегумента и эпителия кишечника. На срезах прослеживается отчетливая углеводная и белковая инфильтрация всех соединительнотканных волокон и лизосом, исчезновение гликогена и декомпозиция клеток половых желез. Клозалбент Ф через 2-3 суток разрушает зрелые и развивающиеся яйца, вызывает дистрофию клеток желточников трематоды. В срезах отмечается нарастающее снижение окрашивания фона клеток и тканей при реакциях со всеми стандартными красителями, например, с альциановым синим, толуидиновым синим, бромфеноловым синим и ШИК-реакции, что является свидетельством развития белково-углеводной дистрофии [14]. Нарушение белкового и углеводного обмена, некробиоз и некроз тканевых и органных субстратов гельминта подтверждают сильную степень трематодоцидного действия Клозалбента Ф. Необратимые некротические изменения тканей после действия опытного образца более значительные у половозрелых трематод, чем у преимагинальных стадий.

ВЫВОДЫ

1. В экспериментах на коровах, спонтанно зараженных трематодами вида *Fasciola gigantica* (Cobbold, 1855), новый препарат Клозалбент Ф в дозе 1,25 г в расчете на 10 кг живой массы на 7–10-е сутки после однократного перорального применения в организме трематод вызывает интоксикацию с нарушениями белкового, водного и солевого обмена, что приводило к развитию гидропической дистрофии тканей марит и молодых стадий.

2. В органах и тканях трематод *Fasciola gigantica* после действия Клозалбента Ф на клеточном уровне наблюдается гидратация, в результате чего они набухают, происходит их лизис с дальнейшим развитием процессов некроза. В наружном слое неодермиса под влиянием Клозалбента Ф отмечается вакуолизация в атипичной форме. В гистоматериалах проницаемость, гипергидратация поверхностного и межклеточного пространства неодермиса трематод кратно увеличиваются.

Препарат преимущественно проникает в организм трематод через неодермис, вызывая лизис тегумента, эпителия кишечника и гениталий. Клозалбент Ф оказал разрушительное действие на все слои покровов *Fasciola gigantica* и на эпителий кишечника, семенников и маточных петель.

3. На фоне действия Клозалбента Ф у марит *Fasciola gigantica* в тегументе и эпителии кишечника происходили изменения соединительнотканных волокон и некроз лизосом. В тканях трематоды отмечается исчезновение гликогена, декомпозиция половых желез, инфильтрация

волокон углеводами, прекращение синтеза и распад белков в участках некроза.

4. У марит трематод *Fasciola gigantica* действие Клозалбента Ф морфологически проявлялось разрушением яиц, дистрофией, декомпозицией и распадом клеток желточников, склерозом гранул; снижением окрашивания тканей с альциановым, толуидиновым, бромфеноловым синим и в ШИК-реакции, что связано с распадом белково-углеводных структурных элементов трематоды *Fasciola gigantica*.

5. Нарушение белкового и углеводного обмена, развитие некробиоза и некроза тканевых и органных субстратов гельминта подтверждают высокую эффективность трематодоцидного действия Клозалбента Ф. Необратимые некротические изменения тканей после его действия более значительные у половозрелых трематод, чем у преимагинальных стадий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Биттирова А.А.* Морфологическая оценка ультраструктурных изменений в органах и тканях линейных мышей Эллиса после введения Ивомека Ф // Аграрная Россия. – 2018. – № 1. – С. 18–21.
2. *Начева Л.В.* Морфо-экологический анализ и эволюционная динамика тканевых систем трематод, реактивность их органов и тканей при действии антгельминтиков: автореф. дис. … д-ра биол. наук. – М., 1993. – 57 с.
3. *Бибик О.И.* Морфофункциональная характеристика органов и тканей паразита и хозяина при трематодозах после химиотерапии // Российский паразитологический журнал. – 2008. – № 1. – С. 99–106.
4. *Бегиева С.А.* Современные биологические угрозы и мировые регламенты для обеспечения биобезопасности продукции животноводства // Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2018. – С. 245–253.
5. *Шахбиев Х.Х. Шахбиев И.Х.* Эффективность Клозантокса Ф при фасциолезе овец // Международный вестник ветеринарии. – 2019. – № 2. – С. 43–46.
6. *Бережко В.К., Тхакахова А.А., Биттирова А.А.* Видовой состав и заражённость овец гельминтами на высоте 2500–3500 м н. у. моря // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2018. – № 19. – С. 473–475.
7. *Шахбиев И.Х., Шахбиев Х.Х.* Результаты испытания комплексного состава «Хлоксал 20%» при фасциолезе овец // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 118–121.
8. *Шахбиев И.Х., Бегиева С.А., Шахбиев Х.Х.* Препарат «Нихлофолал порошок 20%» как средство профилактики и лечения острого фасциолеза овец // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 44–48.
9. *Биттирова А.А., Бегиева С.А., Кишева А.А.* Комбитрем Ф и его эффективность при хроническом фасциолезе овец // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55, № 4. – С. 139–142.
10. *Gabrion J.* Etude ultrastructurale de la larva de *Ahomataenia constricta* (Cestoda, Cyclophyllidea) // Ztschr. Parasitenc. – 2019. – Bd. 79, № 8. – P. 264–278.
11. *Bemus A.D.* Fasciola hepatica: ultrastructural localization of immunoglobulin – binding sites on the tegument // Exp. Parasitol. – 2017. – Vol. 49, N 2. – P. 172–181.
12. https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf17-1-1.pdf https://kazatu.edu.kz.
13. *Хатукаева А.Б., Уянаева Ф.Б.* Популяционно-генетический анализ фасциолеза коров в Кабардино-Балкарской Республике и новая методика текущей и вынужденной дегельминтизации // Ученые записки научно-исследовательской внедренческой лаборатории «Паразитология». Серия: Биология. – Нальчик, 2017. – С. 5–12.
14. *Морфологическая* оценка эффективности действия новой комплексной композиции с Оксиклозалом D и Клозалфеном D на *Dicrocoelium lanceatum* (Stilles et Hassall, 1896) при моноинвазии дикроцелиоза у овец / А.М. Биттиров, Р.Б. Биттиров, А.А. Газаева, И.А. Биттиров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (88). – С. 177–181. – DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-177-181.

15. *Чилаев А.С., Биттирова А.А.* Характеристика морфологических изменений в легких ягнят при протостронгилезе и после лечения Гельмицидом 10 % // Аграрная Россия. – 2018. – № 8. – С. 37–39.

REFERENCES

1. Bittirova A.A., *Agrarian Russia*, 2018, No. 1, pp. 18–21. (In Russ.)
2. Nacheva L.V., *Morpho-ecological analysis and evolutionary dynamics of tissue systems of trematodes, the reactivity of their organs and tissues under the action of anthelmintics* (Morfo-jekologicheskij analiz i jevoljucionnaja dinamika tkanevyh sistem trematod, reaktivnost' ih organov i tkanej pri dejstvii antgel'mintikov), Abstract of Doctors thesis, 1993, 57 p.
3. Bibik O.I., *Russian Journal of Parasitology*, 2008, No. 1, pp. 99–106. (In Russ.)
4. Begieva S.A., *Selekcija na sovremennyh populjacijah otechestvennogo molochnogo skota kak osnova importozameshhenija zhivotnovodcheskoj produkcii* (Breeding on modern populations of domestic dairy cattle as the basis for import substitution of livestock products), Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, 2018, pp. 245–253. (In Russ.)
5. Shakhbiev Kh.Kh., Shakhbiev I.Kh., *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii*, 2019, No. 2, pp. 43–46. (In Russ.)
6. Berezhko V.K., Tkhakakhova A.A., Bittirova A.A., *Teorija i praktika bor'by s parazitarnymi boleznjami*, 2018, No. 19, pp. 473–475. (In Russ.)
7. Shakhbiev I.Kh., Shakhbiev Kh.Kh., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovanija v veterinarii*, 2018, No. 4, pp. 118–121. (In Russ.)
8. Shakhbiev I.Kh., Begieva S.A., Shakhbiev Kh.Kh., *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii*, 2018, No. 4, pp. 44–48. (In Russ.)
9. Bittirova A.A., Begieva S.A., Kisheva A.A., *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, Vol. 55, No. 4, pp. 139–142. (In Russ.)
10. Gabrion J., Etude ultrastructurale de la larva de *Ahomataenia constricta* (Cestoda, Cyclophyllidea), *Ztschr. Parasitenc*, 2019, Bd. 79, No. 8,. pp. 264–278.
11. Bemus A.D., *Fasciola hepatica*: ultrastructural localization of immunoglobulin – binding sites on the tegument, *Exp. Parasitol.,* 2017, Vol. 49, No. 2, pp. 172–181.
12. https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf17-1-1.pdf https://kazatu.edu.kz.
13. Khatukaeva A.B., Uyanaeva F.B., *Uchenye zapiski nauchno-issledovatel'skoj vnedrencheskoj laboratorii «Parazitologija». Serija: Biologija*, Nalchik, 2017, pp. 5–12. (In Russ.)
14. Bittirov A.M., Bittirov R.B., Gazaeva A.A., Bittirov I.A., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 2 (88), pp. 177–181, DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-177-181. (In Russ.)
15. Chilaev A.S., Bittirova A.A., *Agrarnaja Rossija*, 2018, No. 8, pp. 37–39. (In Russ.)

УДК 636.32/. 38
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-147-161

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ В СЕЛЕКЦИИ ОВЕЦ

[1]**Г.М. Гончаренко**, доктор биологических наук
[2]**Т.Н. Хамируев**, кандидат сельскохозяйственных наук
[2]**С.М. Дашинимаев**, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]**Т.С. Хорошилова**, кандидат биологических наук
[1]**О.Л. Халина**, научный сотрудник
[1]**В.А. Солощенко**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
[3]**В.И. Ермолаев**, доктор биологических наук
[3]**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук
[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия
[2]Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, Чита, Россия
[3]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: *gal.goncharenko@mail.ru*

Ключевые слова: овца, порода, ген, генотип, полиморфизм, частота, продуктивность.

Реферат. *Приоритетным направлением в развитии отечественного овцеводства является создание новых и совершенствование существующих селекционных форм, сочетающих высокие показатели мясной и шерстной продуктивности с хорошими адаптационными качествами к условиям разведения. В России в племенных хозяйствах сосредоточено 404,2 тыс. голов грубошерстных пород овец и 21,2 тыс. голов полугрубошерстных. По сравнению с 2000 г. количество племенных животных увеличилось в 5,0 раза, при этом выход ягнят к отбивке в расчёте на 100 племенных маток – в 5,7 раза. Одним из путей повышения уровня селекционно-племенной работы с породами является поиск и использование генетических маркеров продуктивности и жизнеспособности. Целью работы было обобщение и анализ сведений о генетическом полиморфизме генов, ассоциированных с признаками продуктивности и устойчивости к болезням, у разных пород овец. Представлены результаты исследований полиморфных вариантов генов, ассоциированных с энергией роста молодняка, качеством шерсти и мясной продуктивностью у овец. Описан ген кальпастатин (CAST), который связан с мясной продуктивностью и нежностью мяса, ген KRT (keratins) – с шерстной продуктивностью и качеством шерсти, ген гормона роста GH и ген дифференциального фактора роста GDF9 – с регуляцией роста и развития, воспроизводительными качествами и мясной продуктивностью овец. В большинстве исследований превалирующим генотипом во всех породах является $CAST^{MM}$. Частота генотипов по генам KRT и GH в породах разного направления продуктивности существенно различается. Описана связь генотипов CAST, GH, GDF9 с хозяйственно-ценными признаками, что даёт возможность рассматривать их в качестве генетических маркёров.*

GENETIC MARKERS IN SHEEP BREEDING

[1]**G.M. Goncharenko**, Doctor of Biological Sciences
[2]**T.N. Khamiruev**, PhD in Agricultural Sciences
[2]**S.M. Dashinimaev**, PhD in Agricultural Sciences
[1]**T.S. Khoroshilova**, PhD in Biological Sciences
[1]**O.L. Halina**, Researcher
[1]**V.A. Soloshenko**, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences
[3]**V.I. Ermolaev**, Doctor of Biological Sciences
[3]**N.N. Kochnev**, Doctor of Biological Sciences
E-mail: *gal.goncharenko@mail.ru*
[1]Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS, settlement Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
[2]Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia - a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

[3]*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*
E-mail: gal.goncharenko@mail.ru

***Keywords**:* sheep, breed, gene, genotype, polymorphism, frequency, productivity.

Abstract. *The priority direction in developing domestic sheep breeding is the creation of new and improved breeding forms that combine high meat and wool productivity rates with good adaptive qualities to breeding conditions. In Russia, 404.2 thousand heads of coarse-wool sheep breeds and 21.2 thousand heads of semi-coarse-wool sheep are concentrated on breeding farms. Compared to 2000, the number of breeding animals increased by 5.0 times, while the yield of lambs for slaughter per 100 breeding queens increased by 5.7 times. One way to increase the selection and breeding work with breeds is to search and use genetic markers of productivity and vitality. The work aimed to summarise and analyse information about the genetic polymorphism of genes associated with traits of productivity and disease resistance in different breeds of sheep. The results of studies of polymorphic variants of genes related to the growth energy of young animals, wool quality and meat productivity in sheep are presented. The calpastatin (CAST) gene is described, which is associated with meat productivity and tenderness of meat the KRT (keratins) gene - with wool productivity and wool quality, the growth hormone gene GH and the differential growth factor gene GDF9 - with the regulation of growth and development, reproductive qualities and meat production, sheep productivity. In most studies, the predominant genotype in all breeds is $CAST^{MM}$. The frequency of genotypes for the KRT and GH genes in breeds of different directions of productivity varies significantly. The relationship of genotypes CAST, GH, and GDF9 with economically valuable traits is described, making it possible to consider their genetic markers.*

Приоритетным направлением в развитии отечественного овцеводства является создание новых и совершенствование существующих селекционных форм, сочетающих высокие показатели мясной и шерстной продуктивности с хорошими адаптационными качествами к условиям разведения. В России в племенных хозяйствах сосредоточено 404,2 тыс. головы грубошерстных пород овец и 21,2 тыс. голов полугрубошерстных. По сравнению с 2000 г. количество племенных животных увеличилось в 5,0 раза, при этом выход ягнят к отбивке в расчёте на 100 племенных маток возрос в 5,7 раза [1–3]. Однако генетический потенциал всех пород овец в России далеко не исчерпан, и одним из путей повышения уровня селекционно-племенной работы с популяциями животных является поиск и использование генетических маркеров продуктивности и жизнеспособности.

Цель работы – обобщить и проанализировать существующую на данный момент информацию о генетическом полиморфизме генов, ассоциированных с признаками продуктивности и устойчивости к болезням, у разных пород овец.

Генетические маркеры все шире используют в селекции разных видов сельскохозяйственных животных, особенно в скотоводстве, для оценки их племенной ценности [4, 5]. В обзоре Н.С. Юдина, М.И. Воеводы [6] были проанализированы ассоциативные связи генов, известные на тот момент, с признаками молочной продуктивности. С развитием молекулярно-генетических технологий, включая полногеномный анализ, спектр ассоциативных связей генов с признаками расширился [7, 8].

Известно, что генетическая структура сельскохозяйственных популяций в процессе селекции особенно подвергается изменениям под влиянием искусственного и естественного отбора [9, 10]. Идентификация генов, установление их полиморфизма и дальнейшее изучение эффективности использования на основе сравнительного анализа фенотипических проявлений при разных генотипах дают свои результаты. В овцеводстве выявлено несколько генов, которые ассоциированы с селекционируемыми признаками. Так, ген кальпастатин (*CAST*) связан с мясной продуктивностью и качеством мяса [11, 12], ген *KRT* (keratins) – с настригом шерсти и её качеством [13–15]. К группе генов, оказывающих влияние на интенсивность роста, величину живой массы, молочную продуктивность и воспроизводительные качества, относятся гены: гормона роста (*GH*) [16, 17], лептин (*LEP*) [18–20], дифференциальный фактор роста (*GDF9*) [21].

Ген кальпастатин (CAST). Как известно, вкусовые качества мяса зависят от условий кормления, набора кормов, особенно при интенсивном откорме и нагуле, и генетической предрасположенности к его размягчению. Было

показано, что в созревании мяса после убоя животных основная роль принадлежит системе кальпаин–кальпастатин (CCS), включающей семейство кальций-зависимых нейтральных протеаз, кальпаинов и кальпастатинов, которые являются ингибитором кальпаинов, регулирующих их активность *in vitro* [22]. При выяснении роли кальпастатина в паттернах экспрессии кальпаинов, каспаз и белков теплового шока (HSP) удалось доказать, что он контролирует активность кальпаина, клеточной пролиферации, выживаемости клеток и путей апоптоза, его подавление приводит к повышенной экспрессии μ-кальпаина, каспаз и HSP [23]. Система CCS оказывает действие на рост мышц путём регуляции их активности, однако иногда может наблюдаться снижение посмертного протеолиза [24]. Описаны ассоциации гена кальпастатина с нежностью мяса у мясных пород крупного рогатого скота [25].

В селекции овец ген кальпастатин используется как потенциальный маркёр качества мяса и живой массы. В исследованиях M. Aali и др. [26] методом PCR-SSCP идентифицирован новый гаплотип *CAST,* имеющий высокое сходство (более 80 %) локуса этого гена с другими сельскохозяйственными видами: крупным рогатым скотом, овцами, козами, свиньями. Генетическая структура овец разных пород различается по данному гену. Так, у овец калмыцкой курдючной породы и их помесей с дорпер частота генотипов гена $CAST^{MM}$ составляет 30,0 %, $CAST^{MN}$– 70 %, генотип $CAST^{NN}$ не выявлен [27]. У овец мясного направления продуктивности – эдильбаевской и мясошерстной татарстанской пород – напротив, наиболее распространённым генотипом был $CAST^{MM}$ – 88 и 89%; тогда как доля гетерозиготного генотипа составила 12 и 9% соответственно [14]. Аналогичные результаты были получены при изучении этого гена у ставропольской породы шерстного направления продуктивности: *MM* – 70%, *MN* – 23 и *NN* – 6% [28]. Совпадающие частоты генотипов также были выявлены у другой шерстной породы – дагестанской горной, где подавляющее большинство животных были носителями генотипа *MM* – 93% и 7% – гетерозиготы [29]. Волгоградская порода по частоте генотипов гена *CAST* также не имеет существенных отличий от других изученных пород. [30]. У овец западно-сибирской мясной и кулундинской тонкорунной породы генотип $CAST^{MM}$ также находился на уровне 69 и 75 % [31].

Схожие результаты получены зарубежными исследователями, например, у овец породы Dorset Horn выявлены два аллеля (*M* и *N*) гена кальпастатина, соотношение которых составляло 0,77 и 0,23 [32]. Однако в популяциях овец Ирана и Пакистана наблюдалось другое соотношение генотипов *MM*, *MN*, *NN*. Приоритетное положение в породе Dalagh занимал гетерозиготный генотип *MN*, встречаемость которого составляла 89,1, несколько ниже частота этого генотипы у пород Lori – 63%. Однако у пород Zel, Lohi Kajli Thalli частота этого генотипа находилась на уровне 20 и 26% [33–35]. Аналогичные результаты получены при изучении курдючных и каракульских овец Ирана [36, 37]. Выявленные различия в частотах генотипов и аллелей могут быть следствием селекционного давления и факторов окружающей среды. У овец цигайской породы в Крыму доминирующим генотипом также был *MM* (74 %), доля *MN* – 22 % и одно животное имело гомозиготный генотип *NN* [38].

Такое единообразие в частотах генотипов гена *CAST* у исследованных пород, за исключением калмыцкой курдючной, может быть обусловлено отсутствием давления селекции по этому признаку, так как качественные показатели мяса можно оценить только после убоя животных. В связи с этим невозможно идентифицировать их фенотип, а значит, затруднительно вести отбор прижизненно.

В то же время есть сообщения о приоритетности гетерозиготного генотипа *ab* гена *CAST* по энергии роста ягнят. В исследованиях C.P.L. Valencia и др. [39] с использованием регрессионного анализа на овцах Colombain установлено влияние гена на их живую массу. Ассоциативную связь генотипов *CAST* с наращиванием мышечной массой молодняка овец выявили ряд авторов [40–42]. В исследованиях M.R. Nassiry и др. [37] также удалось установить, что суточный прирост живой массы у ягнят с генотипом *ab* гена кальпастатина выше, чем для генотипов *aa* (205 г, $p<0,05$) и *ac* – 173 г). В то же время Q. Fang и др. [43] не выявлено связи

генотипов гена *CAST* с показателями энергии роста ягнят породы ромни, но показана ассоциативная связь с качеством мяса.

По мнению В.П. Лушникова и др. [44], в настоящее время влияние маркерных генов на показатели продуктивности животных достоверно не установлено. Причиной этого может служить комплексность факторов, влияющих на проявление того или иного признака. К аналогичным выводам пришли S. Sutikno и др. [45] при проведении исследований на овцах локальных пород Индонезии. Напротив, в исследованиях M. Nikmarg и др. [46] на ягнятах породы Barki и S. Khan [47] на овцах породы Balkhi, Kajli и козах породы Beetal подтверждена связь кальпастатина с признаками мясной продуктивности.

Ген гормона роста (GH). Ген гормона роста (*GH*) – это анаболический гормон, оказывающий влияние на метаболизм и энергетический гомеостаз. Его продукт (гормон роста), синтезируемый и секретируемый соматотрофными клетками передней доли гипофиза, стимулирует обменные процессы в печени, в жировой ткани, скелетной мускулатуре и поджелудочной железе. Он оказывает влияние на секрецию и накопление триглицеридов, стимулирует окисление жирных кислот. Недостаток этого гормона приводит к ожирению [48], у детей наблюдается задержка роста [49]. По мнению некоторых авторов [50, 51], экспрессия данного гормона влияет на ускоренное развитие и способствует интенсивному росту организма животного.

Распределение генотипов гена GH у овец разных пород России и мира значительно варьирует. Так, у овец тонкорунной сальской породы, разводимой в Ростовской области, частота аллеля А была 0,75, аллеля В – 0,25, соотношение генотипов АА : АВ : ВВ составляло 57 : 36 : 7 % [11]. У овец шубного направления продуктивности – романовской породы соотношение генотипов значительно отличалось: 24 : 62 : 14. Частота аллеля А – 0,55, аллеля В – 0,45 [52].

Неоднозначная картина по гену GH выявлена у иракских аборигенных пород Awassi, Hamdani и Karadi. Так, в породах Awassi и Karadi генотип АА не выявлен, тогда как в породе Hamdani его частота встречаемости составила 10 %. Два других генотипа находились в соотношении 50 : 40 или 60 : 40. Генетической особенностью породы Karadi может служить более высокая частота генотипа *BB* (70 %) и низкая – АВ (30 %) [53]. Отсутствие генотипа *AA* гена *GH* наблюдалось и у коренных пород овец Египта Barki, Rahmani и Ossimi [54].

При исследовании полиморфизма гена GH на аборигенных овцах Donggala и East Java Индонезии установлен довольно сходный полиморфизм этого гена и показано влияние генотипа *AA* на более высокий среднесуточный прирост ягнят [55].

При анализе ассоциативной связи генотипов гена *GH* с энергией роста молодняка однозначного ответа не получено. Так, к приоритетному генотипу по живой массе ягнят породы Awassi Ирака можно отнести генотип ВВ, его носители отличались более высокой массой при отъеме в сравнении с генотипами *AA* и *AB* – на 1,79 и 3,85 кг соответственно [39].

В российской тонкорунной сальской породе более высокую живую массу при отъеме и лучшую мясную продуктивность имели животные с генотипом *AB* этого гена [21]. Аналогичная ассоциативная связь энергии роста молодняка и гетерозиготного генотипа *AB* выявлена в романовской породе в племенных хозяйствах Ярославской области России. Превышение живой массы овец с этим генотипом над альтернативными наблюдалась во все возрастные периоды до 10 месяцев [56]. Однако животные с генотипом *BB* были более широкотелые [57].

Наблюдаемые различия в полиморфизме гена гормона роста *GH* у проанализированных пород овец из разных эколого-географических зон можно, предположительно, объяснить сцепленностью этого гена с хозяйственно полезными признаками и влиянием условий среды.

Ген дифференциального фактора роста GDF9. Семейство генов *GDF* (дифференциального фактора роста) в организме человека и животных отвечает за разные функции. К примеру, в опытах на мышах установлено влияние гена *GDF11* на возрастную патологию. Его повышенная концентрация в крови уменьшает риск сердечно-сосудистых заболеваний, остеопороза и других заболеваний, «связанных с пожилым возрастом» [58].

Ген *GDF9* в организме овец играет значительную функциональную роль в репродуктив-

ной способности маток, их плодовитости [62, 63, 64]. В исследованиях овец пород Cambridge и Belchare [52] выявлены новые мутации в генах *GDF9 и BMP15,* которые могут вызывать повышенную скорость овуляции, приводящую к бесплодию. При гистологическом и микроскопическом исследовании 40 пар яичников иракских овец породы Awassi была выявлена гипоплазия ткани у стерильных овцематок с гомозиготной мутацией этого гена, тогда как у животных с гетерозиготной формой гена яичники были нормальными [60].

Аллельный профиль овец разных пород имеет некоторые различия, но, как показали исследования, большинство животных имеет генотип $GDF9^{GG}$. У животных татарстанской породы соотношение частот генотипов гена дифференциального фактора роста *GDF9 – AA : AG : GG* находится в пределах 10 : 11 : 79 [44]. овец молочной породы лакон, наоборот 85,0 % животных имели генотип $GDF9^{AA}$, $GDF9^{BB}$ – 9,0 % и $GDF9^{AB}$ – 6,0% [2]. У овец мясных пород эдильбаевской и волгоградской генотип *AA* не выявлен, гетерозгитный генотип обнаружен у 10–16 %, а абсолютное большинство животных являются носителями гомозиготного генотипа *BB* [63]. Аналогичные результаты получены при исследовании кулундинской тонкорунной породы, где частота генотипа $GDF9^{GG}$ находится на уровне 92,7 %, западно-сибирской мясной – 66,4 %. Генотип $GDF9^{AA}$ встречается крайне редко (до 5 %) [31]. Таким образом, можно сделать заключение о приоритетности в отборе генотипа *GG* или *BB* и их потенциальной связи с энергией роста молодняка по сравнению с другими генотипами.

Есть сообщения, что у овец ген *GDF9* тесно связан с размером приплода [64]. Так, у овец породы Luzhong выявлено восемь SNP, в том числе одна новая мутация, из них g.41768501A>G и g.41768485G>A были тесно связаны с плодовитостью, а два других локуса могут быть потенциальными генетическими маркерами крупноплодности приплода [65]. В исследованиях волгоградской и сальской пород овец установлена связь гетерозиготного генотипа AG/ *GDF9* с более высокой плодовитостью, наиболее существенные различия наблюдаются между генотипами AG/ *GDF9* и AA/ *GDF9* [70]. Однако у овец породы Hu приоритетным по многоплодию был генотип *AA/ GDF9* [67].

В литературе имеются данные о влиянии различных генетических вариантов на живую массу молодняка овец, молочную продуктивность овец, что свидетельствует о целесообразности изучения его полиморфизма. В исследованиях M.R. Nassiry и др. [37] показана связь генотипов гена *GDF9* с молочной продуктивностью животных и качеством молока, удой был выше у гетерозиготных животных на 7,80 и 1,60 кг по сравнению с другими вариантами этого гена, а содержание жира и белка в молоке – у овцематок с генотипом $GDF9^{GG}$.

Обнадёживающие результаты получены при изучении связи гена *GDF9* с мясной продуктивностью. Так, у овец горноалтайской породы прикатунского типа выявлен желательный генотип $GDF9^{AA}$, у этих животных была выше предубойная масса на 1,62 и 7,01 кг, масса туши на – 1,34 и 3,98 кг, выход мяса – 1,26–1,86 % по сравнению с альтернативными генотипами *AG* и *GG*. Кроме того, они отличались повышенным содержанием белка, жира, мраморностью мышечной ткани и наибольшим диаметром мышечных волокон [68]. На основании полученных результатов авторы сделали заключение о перспективности использования в селекции гена *GDF9* и увеличения частоты желательных аллелей путём целенаправленного отбора и подбора родительских пар.

Кроме того, как показали исследования, проведённые на овцах пород дагестанская горная и лакон в зонах Республики Дагестан и Краснодарского края, ген *GDF9* принимает участие в формировании иммунного статуса и соответственно влияет на изменение популяционно-генетических параметров (Ca, Na, ТГ) [29].

Ген KRT. Конкурентоспособность разведения овец шерстного направления продуктивности, особенно пород с мериносовой шерстью, во многом определяется качеством шерстного волокна, удовлетворяющим текстильное производство. Для улучшения штапеля в последние годы применялось скрещивание с лучшими зарубежными породами. Так, при скрещивании калмыцкой курдючной породы с дорпер у помесей значительно уменьшилась тонина волокна, штапель стал гуще [69]. Зависимость качества

шерсти от наследственных особенностей, фенотипа животного и генов, ассоциированных с такими показателями, как тонина, прочность, длина, извитость, показана во многих работах, где эти показатели связывают с геном *KRT* (keratins или *KIF* – keratin intermediate filaments) [70, 71].

Качественные характеристики шерсти (тонина, длина, уравненность) фенотипически хорошо поддаются описанию у каждого животного, причём это делается неоднократно в течение жизни. Исходя из этого, можно предположить, что гены семейства *KRT* вовлечены в селекционный процесс, поэтому частота гена *KRT1.2.* у овец мясного и шерстного направления продуктивности, предположительно, должна быть различной. В исследованиях [72] у овец шерстного направления продуктивности (черноземельный меринос, грозненская), мясосального (эдильбаевская), мясошерстного (кавказская) преобладает аллель *M* (0,88–0,91) и генотип *MM* (0,76–0,84). Овцы кулундинской тонкорунной породы почти мономорфны по $KRT1.2^{M}$ аллелю (0,978), тогда как в Западно-сибирской мясной наблюдается полиморфизм и соотношение генотипов MM : MN : NN представлено как 32,8 : 47,4 : 19,8 [31]. По данным R. Kumar и др. [71], у 11 пород овец Индии также выявлена существенная вариативность этого гена.

В исследованиях I.M. Farad и др. [73] на чистокровных овцах Barki, Rahmani, Ossimi, Awase и помесях Ossimi×Barki и Baladi×Awassi в Египте определена связь некоторых генотипов гена *KRT1.2*. с характеристиками шерсти, особенно у баранов.

Определение генетического полиморфизма гена *KRT* и изучение ассоциации полиморфных его вариантов с шерстной продуктивностью у овец породы Rambouillet позволил выявить генотипы *AA*, *AB* и *BB* с частотой 0,36; 0,56 и 0,08 соответственно. Анализ вариаций показал, что пол оказывал значимое влияние только на настриг шерсти, у самцов он был выше, тогда как на длину и тонину он не оказывал существенного влияния. Высокий настриг шерсти был зарегистрирован для генотипа *BB* (1487,50±210,66 г), за которым следовал генотип *AB* (1255,36±79,62 г), а наименьший показатель был у животных с генотипом *AA* (1226,39±99,31 г) [74].

При исследовании четырех областей гена *KRT31,* включая часть промотора, области экзона 1, экзона 3 и экзона 7, у новозеландских овец пород Romney, Merino и White Dorper установлено, что область промотора, области экзона 1 и экзона 3 содержали два однонуклеотидных полиморфизма (SNP), а область экзона 7 содержала один SNP. Выявлено 3 аллеля *A*, *B* и *C* с частотой 56, 29 и 15 % соответственно. Наличие *A* и *B* не оказало существенного влияния на качество шерсти, но было обнаружено, что особи генотипа *BC* отличаются повышенными показателями настрига шерсти и средней длины штапеля относительно генотипов *AA*, *AB*, *AC* и *BB* [75]. Полученные результаты позволяют предполагать, что ген *KRT31* может быть геном-кандидатом для улучшения характеристик шерсти.

При изучении полиморфизма генов *KRT31, KRT36, KRT38* и *KRT85* у овец породы Chinese Merino (Xinjiang type) выявлены комбинированные генотипы *CC-GG-II, CC-HH-IJ, CC-HH-JJ, DD-HH-JJ, CC-GH-IJ и CC-GH-JJ* и показано их влияние на качественные характеристики шерсти, что даёт основание рекомендовать эти гены в качестве потенциальных генов-кандидатов [76].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены наиболее изученные гены *CAST, GH, GDF9, KRT* у разных пород овец, включая зарубежные, по частоте генотипов и их связи с хозяйственно-ценными признаками. Показано, что при слабой вовлечённости признака в селекционный отбор частота генотипов гена-маркёра не имеет существенных различий между породами. Так, ген *CAST* играет ключевую роль в размягчении мяса после убоя и миогенезе, поэтому прижизненно этот признак оценить невозможно, однако учитывая, что подавляющее большинство пород имеет высокую частоту генотипа $CAST^{MM}$ (70–90 %), предположительно, можно считать его приоритетным. В то же время следует отметить, что для подтверждения высказанной гипотезы требуются экспериментальные данные по связи генотипов с качественными показателями мяса, которых в настоящее время в литературе явно недостаточно.

В зависимости от направления продуктивности (шерстяное, шубное, мясное) генетические особенности полиморфизма генов гормона роста *GH* и дифференциального фактора роста *GDF9* у овец разных пород заметно варьируют, и установленная связь некоторых генотипов с энергией роста молодняка, живой массой неоднозначная, совпадающих результатов в исследованиях мало. Возможно, на проявление количественных признаков оказали влияние их полигенный характер и факторы внешней среды.

Для овец шерстного направления продуктивности особое значение имеют гены семейств *KRT*, продуцирующие белки кератиновых волокон и формирующие качество шерсти (тонина, длина, извитость, прочность). В связи с этим в специализированных (шерстное, мясное) породах овец наблюдается значительная вариация соотношения генотипов этого гена. Так, сравнительная оценка кулундинской тонкорунной и западно-сибирской мясной показала, что длительная селекция на качество шерсти в кулундинской тонкорунной породе привела практически к мономорфизму гена *KRT1,2* по аллелю $KRT1,2^{M}$, тогда как в западно-сибирской мясной его частота составляет всего 32,8 %,

Таким образом, накопленные данные позволяют отбирать для практической селекции наиболее эффективные генетические маркёры, вести дальнейший поиск генов-кандидатов, связанных с хозяйственно полезными признаками овец, что обеспечит более раннюю прогнозную оценку продуктивности и целенаправленный отбор и подбор животных.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-26-00014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Climate* change impact on sheep production: Growth, milk, wool, and meat. In Sheep Production Adapting to Climate Change / G. Gowane, Y. Gadekar, V. Prakash [et al.] // Springer: Singapore. – 2017. – Vol. 12. – P. 31–69. –DOI:10.1007/978-981-10-4714-5_2.
2. *Resilience* of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review / A. Joy, F.R. Dunshe, B.J. Leury [et al.] // Animals. – 2020. – Vol. 5. – P. 867. – DOI: 10.3390/ani10050867.
3. *Динамика* развития грубошерстного и полугрубошерстного овцеводства России / Г.И. Шичкин, Л.Н. Григорян, Г.Н. Хмелевская [и др.] // Зоотехния. – 2022. – № 12. – С. 20–24.
4. *Van Raden P.M., Sullivan P.G.* International genomic evaluation methods for dairy cattle // Genetics selection evolution. – 2010. – Vol. 42 (7). – P. 1–9. – DOI: 10.1186/1297-9686-42-7.
5. *Evaluating* the effects of a single copy of a mutation in the myostatin gene (c.*1232G>A) on carcass traits in crossbred lamb / A.Y. Masri, N.R. Lambe, J.M. Macfarlane [et al.] // Meat sci. – 2011. – Vol. 87(4). – P. 412–418. – DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.11.019.
6. *Юдин Н.С., Воевода М.И.* Молекулярно-генетические маркеры экономически важных признаков у молочного скота // Генетика. – 2015. – № 51(5). – С. 600–612. – DOI: 10.7868/S0016675815050082.
7. *Single* loci and haplotypes in CAPN1 and CAST genes are associated with growth, biometrics, and in vivo carcass traits in Santa Inês sheep / A.L. Machado, A.N. Meira, E.N. Muniz [et al.] // Annals of animal science. – 2020. – Vol. 20 (20). – P. 465–483. – DOI: 10.2478/aoas-2020-0007.
8. *Изучение* популяционной структуры и генетического разнообразия свиней породы венгерская мангалица на основе микросаттелитов / В.Р. Харзинова, Т.В. Костюнина, Т.В. Карпушкина [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 7 (186). – С. 77–81.
9. *Geographical* distribution of sheep breeds in Brazil and their relationship with climatic and environmental factors as risk classification for conservation / C. McManus, P. Hermuche, S.R. Paiva [et al.] // Brazilian journal of science and technology. – 2014. – Vol. 1(3). – P. 307–312. – DOI:10.1186/2196- 288X-1-3.
10. *Влияние* факторов окружающей среды на генетическую изменчивость грубошерстных пород овец / М.Ю. Озеров, М. Тапио, Ю. Кантанен [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. –№ 6. – С. 40–44. – doi.org/10.31857/S2500-26272019640-44.
11. *A novel* polymorphism of GDF5 gene and its association with body measurement traits in Bos taurus and Bos indicus breeds / Y.F.Liu, L.S. Zan, Li K. [et al.] // Mol. Biol. Rep. – 2010. – Vol. 37(1). – P. 429–434. – DOI: 10.1007/s11033-009-9604-5.

12. *Molecular* markers and their applications in cattle genetic research: a review/ U. Singha, R. Deba, R.R. Alyethodia [et al.] // Biomarkers and genomic medicine. – 2014. –Vol. 6(2). – P. 49–58. – DOI: 10.1016/j.bgm.2014.03.001.
13. *Polymorphism* of the KAP 1.1, KAP 1.3 and K33 genes in merino sheep / T.O. Itenge-Mweza, R.H.J. Forrest [et al.] // Molecular and cellular probes. – 2007. – Vol. 21. – P. 338–342.
14. *Полиморфизм* гена *KRT1.2* у отечественных пород овец / В.П. Лушников, М.Б. Павлов, Л.А. Калашникова // Овцы, козы, шерстяное дело. –2018. – № 3. – С. 20–23.
15. *Wool* keratin-associated protein genes in sheep-A Review / H. Gong, H. Zhou, R.H.J. Forrest [et al.] // Genes. – 2016. – Vol. 7(6). – P. 24. – DOI: 10.3390/genes7060024.
16. *Rogers G.R., Hickford J.G, Bickerstaffe R.* MspI RFLP in the gene for a Type I intermediate filament wool keratin // Animal genetics. –1993.–Vol. 24. – P. 218. – DOI: 10.1111/j.1365-2052.1993.tb00925.x.
17. *Genetic* variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds / Z.M. Mahdi, Y.A. Hadi, A.A. Mnati [et al.] // Biochemical and cellular archives. – 2018. – Vol. 18 (1). – P. 1233–1237.
18. *Исследование* полиморфизма генов гормона роста, лептина у овец породы советский меринос / М.И. Селионова, Д.А. Ковалев, Л.Н. Скорых [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2019. – № (35). – С. 25–29. – DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-25-29.
19. *Исследование* полиморфизма генов соматотропина и лептина у овец северокавказской мясошерстной породы / Л.Н. Скорых, Д.А. Ковалев, Н.С. Сафонова [и др.] // Ветеринария и кормление. – 2020. – № 1. – С. 37–39. – DOI: 10.30917/ATT-BK-1814-9588-2020-1-9.
20. *Polymorphism* of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep / A.S. Meena, R.S. Bhatt, A. Sahoo [et al.] // Indian J. Anim. Res. – 2017. – Vd. 51 (3). – P. 469–473. – DOI:10.18805/ijar.v0i0f.3783.
21. *Биотехнологические* методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Ю.А. Колосов, П.С. Кобыляцкий, Н.В. Широкова [и др.] // Научная жизнь. – 2017. – № 3. – С. 84–91.
22. *Marker-assisted* selection for meat quality and the ovine calpastatin gene / B.R. Palmer, J.D. Morton, N. Roberts [et al.] // Conference: New Zealand society of animal production. – 1999. – Vol. 59. – P. 266–268.
23. *Hoa Van Ba, Bandugula Venkata Reddy, Inho Hwang.* Role of calpastatin in the regulation of mRNA expression of calpain, caspase, and heat shock protein systems in bovine muscle satellite cells // In vitro cellular and developmental biology – animal volume. – 2015. – Vol. 51. – P. 447–454.
24. *Calpastatin* (CAST) Gene Polymorphism in Tsigai and Merinoland Sheep Breeds Under Conditions of the Republic of Crimea / V. Uppe, T. Kuevda, D. Zubochenko [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 36. – P. 39–47. – DOI:10.1051/bioconf/20213606002.
25. *Association* of μ-Calpain and Calpastatin Polymorphisms with Meat Tenderness in a Brahman-Angus Population / J.D. Leal-Gutiérrez, M.A Elzo, D.D. Johnson [et al.] // Front Genet. – 2018. – Vol. 22. – P. 5–56. – DOI: 10.3389/fgene.2018.00056.
26. *Detecting* novel SNPs and breed-specific haplotypes at calpastatin gene in Iranian fat- and thin-tailed sheep breeds and their effects on protein structure / M. Aali, M. Moradi-Shahrbabak, H. Moradi-Shahrbabak // Gene. – 2014. – Vol. 537 (1). – P. 132–139. – DOI:10.1016/j.gene.2013.12.023.
27. *Погодаев В.А., Кононова Л.В., Адучиев Б.К.* Полиморфизм генов кальпастатина и соматотропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная + 1/2 дорпер) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 141–145. – DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145.
28. *Полиморфизм* гена CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Л.Н. Чижова, Е.С. Суржикова, Е.Д. Луцива [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 6. – С.– 47–51.
29. *Полиморфизм* генов GH/HAEIII и GDF9/AsplEI, генетическая изменчивость, ассоциация их генотипов с иммунным статусом у овец разных пород, разводимых в различных природно-географических зонах / А.А. Оздеримов, А.И. Суров, У.С. Суржикова [и др.] // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17, № 3. – С. 78–84.
30. *Determination* of CAST gene polymorphism in sheep of the Volgograd breed / Yu.A. Kolosov, I.F. Gorlov, A.Yu. Kolosov [et al.] // IV international conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies Agritech-iv-2020. IOP conference series: earth and environmental science. – Krasnoyarsk, 2021. – P. 1–7.

31. *Генетическая* структура овец западно-сибирской мясной и кулундинской тонкорунной пород по генам CAST, GDF9 и KRT1.2 / О.Л. Халина, С.Н. Магер, Г.М. Гончаренко [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – Вып. 4. – С. 103–116. – DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-103-116.
32. *Polymorphism* of Calpastatin, Calpain and myostatin genes in native Dalagh sheep in Iran / M.A. Azari, E. Dehnavi, S. Yousefi [et al.] // Slovak journal of animal science. – 2012. – Vol. 45 (1). – P. 1–6.
33. *Polymorphism* investigation of calpastatin gene in Zel sheep population of Iran by PCR-RFLP method / S. Gharahveysi, H.A. Abbasi, M. Irani [et al.] // African journal of biotechnology. – 2012. – Vol. 11, N 13. – P. 3211–3214. – DOI:10.5897/AJB11.3256.
34. *Calpastatin* (CAST) gene polymorphism in Kajli, Lohi and Thalli sheep breeds / M. Suleman, S.U. Khan, M. NRiaz [et al.] // African journal of biotechnology. – 2012. – Vol. 11(47). – P. 10655–10660. – DOI: 10.5897/AJB11.2478.
35. *Shahram N., Goodarzi M.* Polymorphism of candidate genes for meat production in Lori sheep // IERI Procedia. – 2014. – Vol. 8. – P. 18–23. – DOI: 10.1016/j.ieri.2014.09.004.
36. *Genetic* polymorphism at MTNR1A, CAST and CAPN loci in Iranian Karakul sheep / F.E. Shahroudi, N M. Rassiry, R.Valizadh [et al.] // Iranian journal of biotechnology. – 2006. –Vol. 4(2). – P. 117–122.
37. *Calpastatin* polymorphism and its association with daily gain in Kurdi sheep / M.R. Nassiry, M. Tahmoorespour, A. Javadmanesh [et al.] // Iranian journal of biotechnology. – 2006. – Vol. 4(3). – P. 188–192.
38. *Полиморфизм* гена (CAST) у выборки овец цигайской породы в Крыму / В.С. Паштецкий, П.С. Остапчук, Е.Н. Усманова [и др.] // Генетические ресурсы животноводства: состояние и перспективы в сфере сельского хозяйства // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (г. Махачкала, 3–4 ноября 2022 г). – 2022. – С. 58–64.
39. *Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á., Herrera D.H.* Association of single nucleotide polymorphisms in the *CAPN, CAST, LEP, GH*, and *IGF-1* genes with growth parameters and ultrasound characteristics of the Longissimus dorsi muscle in Colombian hair sheep // Tropical animal health and production. – 2022. – Vol. 54 (1). – P. 101–111. – doi.org/10.1007/s11250-022-03086-x.
40. *Comparing* polymorphism of calpastatin gene using PCR-SSCP method in Ghezel sheep and Sarabi Cows / A.M. Mamaghani, J. Shoja, N. Pirani [et al.] // Animal science research journal. – 2008. –Vol. 19 (1). – P. 2–10.
41. *Tahmoorespur M., Ahmadi H.* A neural network model to describe weight gain of sheep from genes polymorphism, birth weight and birth type // Livestock science. – 2012. – Vol. 148. – P. 221–226. – DOI: 10.1016/j.livsci.2012.06.008.
42. *Translating* science into the next generation meat quality program for Australian lamb / D.W. Pethick, A.J. Ball, R.G. Banks [et al.] // Meat science. – 2014. – Vol. 96(2). – P. 1013–1015. – DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.011.
43. *Variation* in exon 10 of the ovine calpain 3 gene (CAPN3) and its association with meat yield in New Zealand Romney sheep / Q. Fang, R.H. Forrest, H Zhou [et al.] // Meat science. – 2013. – Vol. 94(3). – P. 388–390. – DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.03.015.
44. *Лушников В.П., Фетисова Т.О., Стрильчик А.А.* Полиморфизм гена CAST у овец татарстанской и эдильбаевской пород // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2020. – № 2. – С. 9–11.
45. *Sutikno S., Yaminc M., Sumantri C.* Association of Polymorphisms Calpastatin Gene with Body Weight of Local Sheep in Jonggol // Media peternakan. – 2011. – Vol. 34(1). – P. 1–6. – DOI: doi.org/10.5398/medpet.2011.34.1.1.
46. *Calpastatin* polymorphism in Afshari sheep and itspossible correlation with growth and carcass traits / M. Nikmard, V. Molaee, M. Pasha [et al.] // Journal of applied animal research. – 2012. – Vol. 40(4). – P. 1–5. – DOI:10.1080/09712119.2012.692330/.
47. *Calpastatin* (CAST) gene polymorphism and its association with average daily weight gain in Balkhi and Kajli sheep and Beetal goat breeds / S. Khan, M.N. Riaz, A. Ghaffar [et al.] // Pakistan journal of zoology. – 2012. –Vol. 44(2). – P. 377–382.
48. *Воротникова С.Ю., Пигарова Е.А., Дзеранова Л.К.* Метаболические эффекты гормона роста // Ожирение и метаболизм.– 2011. – Т. 8, № 4. – С. 55–59.

49. *Болотова Н.В., Копытина Е.В.* Анализ результатов лечения различных форм низкорослости генно-инженерным гормоном роста у детей Липецкой области // Вестник ТГУ. – Т. 6, вып. 1. – 2021. – С. 384–385.
50. *Селионова М.И., Евлагина Д.Д., Светличный С.И.* Полиморфизм гена GDF9 и его связь с молочной продуктивностью овец породы лакон // Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных: материалы Третьей Междунар. науч.-практ. конф. в рамках года науки и технологий Российской Федерации по тематике «Генетика и качество жизни». – 2021. – С. 396–403.
51. *Полиморфизм* гена соматотропина (GH) у овец породы советский мериносов / Н.С. Сафонов, Д.А. Ковалев, Л.Н. Скорых [и др.] // Главный зоотехник. – 2019. – № 6. – С. 10–12.
52. *Mutations* in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (Ovis aries) / J.P. Hanrahan., S.M. Gregan, P. Mulsant [et al.] // Biology of reproduction. – 2004. – Vol. 70. – P. 900–909. – DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.
53. *Mnati A.* Genetic variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds // Biochemical and Cellular Archives. – 2018. – Vol.18. – P. 1233–1237.
54. *Genotyping* of Growth Hormone Gene in Egyptian Small Ruminant Breeds / E. Othman, S.S. Alam, A.M. Heba, Abd El-Kader // Biotechnology. – 2015. – Vol. 14. – P. 136–141. – DOI:10.3923/biotech.2015.136.141.
55. *Growth* hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits / A.D. Malewa, L. Hakim, S. Maylinda [et al.] // Livestock research for rural development journal. – 2014. – Vol. 26 (4). – P.115–123.
56. *Влияние* генотипа овец романовской породы на возрастную динамику показателей живой массы / М.Н. Костылев, М.В. Абрамова, А.В. Илина [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6. – С. 322–326.
57. *Оценка* селекционных признаков овец романовской породы в зависимости от полиморфизма гена гормона роста / М.В. Абрамова, А.В. Ильина, М.С. Барышева [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 514–526.
58. «*Белок* старости» CCL11, «белок молодости» GDF11 и их роль в возрастной патологии / В.Х. Хавинсон, Б.И. Кузник, Г.А. Рыжак [и др.] // Успехи геронтологии. – 2016. – Т. 29, № 5. – С. 722–731.
59. *Integrated* ovarian mRNA and mi RNA transcriptome profiling characterizes the genetic basis of prolificacy traits in sheep (ovis aries) / l.K. Pokhare, J. Peippo, M. Honkatukia [et al.] // BMC Genomics. – 2018. – Vol. 19 (1). –https://doi.org/10.1186/s12864–017–4400–4 24.
60. *Al-Mutar H., Younis L.* Effect of point mutation in the growth differentiation factor 9 gene of oocytes on the sterility and fertility of Awassi sheep // Archives of Razi Institute. – 2020. – Vol. 75. – P. 101–108.
61. *A 5-methylcytosine* site of growth differentiation factor 9 (Gdf9) gene affects its tissue-specific expression in sheep / Z. Pan, X. Wang, R. Di [et al.] // Animals. – 2018. – Vol. 8(11). – https://doi.org/10.3390/ani8110200.
62. *Петухова Д.Д.* Характеристика аллельного спектра генов PRL, β-LG овец породы лакон // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5(13). – С. 73–79.
63. *Генетическая* структура стада по генам GDF9, GH у овец волгоградской и эдильбаевской пород / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Ю.А. Колосов [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. – 2021. – № 4(2). – С. 51–59. –DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59.
64. *Polymorphism* detection of gene GDF9 and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (ovis aries) / F. Wang, M. Chu, L. Pan [et al.] // Animals. – 2021. – № 11 (2). – P. 1–11. – doi.org/10.3390/ani11020571.
65. *GDF9* gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds / I.F. Gorlov, Y.A. Kolosov, N.V. Shirokova [et al.] // Rendiconti lincei. Scienze fisiche e naturali. – 2018. – Vol. 29. – P. 61–66. – DOI: https://doi.org/10.1007/s12210-017-0659-2.
66. *Effect* of the gene GDF9 on the weight of lambs at birth / L. Getmantseva, N. Bakoev, N. Shirokova [et al.] // Bulgarian journal of agricultural science. – 2019. –Vol. 25 (1). – P. 153–157.

67. *Three* complete linkage SNPs of gene GDF9 affect the litter size probably mediated by OCT1 in hu sheep / Y. Li, W. Jin, Y. Wang [et al.] // DNA and cell biology. – 2020. – Vol. 39(4). – P. 563–571. – doi. org/10.1089/dna.2019.4984.
68. *Selionova M.I., Podkorytov N.A.* Polymorphism of the gene GDF9 in sheep of Prikatun type of Altai Mountains breed and its correlation with indices of meat rate productivity // Theory and practice of meat processing. – 2021. – Vol. 6(1). – P. 4–9. – https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-1-4-9.
69. *Погодаев В.А., Сергеева Н.В., Завгородняя Г.В.* Характеристика шерсти баранчиков калмыцкой курдючной породы и помесей (1/2 калмыцкая курдючная х 1/2 дорпер) // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56, Ч.1. – С. 64–66.
70. *Полиморфизм* гена KRT1.2 у отечественных пород овец / Р.Ю. Сенина, Л.А. Калашникова, В.П. Лушников [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 3. – С. 20–24.
71. *Polymorphism* of KRT 1.2 and KAP 1.3 genes in Indian sheep breeds. Indian / R. Kumar, A.S .Meena, R. Kumari [et al.] // Journal of small ruminants. –2016. – Vol. 22(1). – P. 28–31. – DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0.
72. *Распределение* частоты встречаемости аллелей гена кальпастатина у овец разных пород (обзор) / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржикова, Т.Н. Михайленко [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 5. – С. 72–78. – DOI: 10.28983/asj.y2023i5pp72-78.
73. *Genetic* Polymorphism of KRT1.2 Gene and its Association with Improving of Some Wool Characteristics in Egyptian Sheep / I.M. Farag, H.R. Darwish, A.M. Darwish [et al.] // Asian journal of scientific research. – 2018. – Vol. 11(2). – P. 295–300. – DOI: 10.3923/ajsr.2018.295.300.
74. *KRT 1.2* gene polymorphism and its association with wool traits in Rambouillet sheep / V.P. Singh, R.K. Taggar, D. Chakraborty [et al.] // The pharma innovation journal. – 2022. –Vol. 11(6). –P. 2619–2621.
75. *Nucleotide* variation in the ovine KRT31 promoter region and its association with variation in wool traits in Merino-cross lambs / W. Chai, H. Zhou, H., Gong [et al.] // The journal of agricultural science. – 2019. – Vol. 157 (2). – P. 182–188. – DOI:10.1017/S0021859619000406.
76. *Association* analysis of polymorphisms in six keratin genes with wool traits in sheep / A. Sulayman, M. Tursun, Y. Sulaiman [et al.] // Asian-Australas J. Anim. Sci. – 2018. – Vol. 31 (6). – P. 775–783. – doi. org/10.5713/ajas.17.0349.

REFERENCES

1. Gowane G., Gadekar Y., Prakash V., Kadam V., Chopra A., Prince L., Climate change impact on sheep production: Growth, milk, wool, and meat. In Sheep Production Adapting to Climate Change, *Springer: Singapore*, 2017, Vol. 10, pp. 31–69, DOI:10.1007/978-981-10-4714-5_2.
2. Joy A., Dunshea F.R., Leury B.J., Clarke I.J., DiGiacomo K., Chauhan S.S., Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review, *Animals,* 2020, Vol. 5, pp. 867, DOI: 10.3390/ani10050867.
3. Shichkin G.I., Grigorjan L.N., Hmelevskaja G.N., Ravichjova A.V., Stepanova N.G., *Zootehnija*, 2022, No 12, pp. 20-24. (In Russ).
4. Van Raden P.M., Sullivan P.G. International genomic evaluation methods for dairy cattle, *Genetics Selection Evolutio*, 2010, Vol. 42 (7), pp. 1-9, DOI: 10.1186/1297-9686-42-7.
5. Masri A.Y., Lambe NR., Macfarlane J.M., Brotherstone S., Haresign W., Bünger L., Evaluating the effects of a single copy of a mutation in the myostatin gene (c.*1232G>A) on carcass traits in crossbred lambs, *Meat Sci*, 2011, Vol. 87(4), pp. 412–18, DOI: 10.1016/j.meatsci, 2010.11.019.
6. Judin N.S., Voevoda M.I., *Genetika*, 2015, No. 51 (5), pp. 600-612, DOI: 10.7868/S0016675815050082. (In Russ).
7. Lima A M., Meira A.N., Muniz E N. Azevedo H.C., Luiz Lehmann Coutinho L.L., Mourão G.B., Pedrosa V.B., Pinto L.B., Single loci and haplotypes in *CAPN1* and *CAST* genes are associated with growth, biometrics, and in vivo carcass traits in Santa Inês sheep, *Annals of Animal Science*, 2020, Vol. 20 (20), pp. 465–483 DOI: 10.2478/aoas-2020-0007
8. Harzinova V.R., Kostjunina T.V., Karpushkina T.V., Bykova O.A., Zinov'eva N.A. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2019, No 7 (186), pp. 77–81. (In Russ).
9. McManus C., Hermuche P., Paiva S.R., Moraes J.C.F., Barros de Melo C. Mendes C. Geographical distribution of sheep breeds in Brazil and their relationship with climatic and environmental factors as risk classifi-

cation for conservation, B*razilian Journal of Science and Technology*, 2014, Vol. 1(3), DOI:10.1186/2196-288X-1-3.
10. Ozerov M. Ju., Tapio M., Kantanen Ju., Marzanova S.N., Koreckaja E.A., Lushnikov V.P., Marzanov N.S., *Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka,* 2019, No. 6, pp. 40-44. doi.org/10.31857/S2500-26272019640-44. (In Russ).
11. Liu Y.F., Zan L.S., Li K., Zhao S.P., Xin Y.P., Lin Q., Tian W.Q., Wang Z.W., A novel polymorphism of GDF5 gene and its association with body measurement traits in Bos taurus and Bos indicus breeds, *Mol. Biol. Rep*., 2010, Vol. 37 (1), pp. 429–434, DOI: 10.1007/s11033-009-9604-5.
12. Singha U., Deba R., Alyethodia R.R., Alexa R., Kumara S., Chakrabortyb S., Dhamac K., Sharmaa A,. Molecular markers and their applications in cattle genetic research: a review, *Biomarkers and Genomic Medicine*, 2014,Vol. 6(2). pp. 49–58, DOI: 10.1016/j.bgm.2014.03.001.
13. Itenge-Mweza T.O., Forrest R.H.J., McKenzie G.W., Hogan A., Abbot J., Amoafo O., Hickford J.G.H. Polymorphism of the *KAP 1.1, KAP 1.*3 and *K33* genes in merino sheep, *Molecular and Cellular Probes*, 2007, Vol. 21. pp. 338–342.
14. Lushnikov V.P., Pavlov M.B., Kalashnikova L.A., Senina R.Ju., *Ovcy, kozy, sherstjanoe delo*, 2018, No. 3, pp. 20–23. (In Russ).
15. Gong H., Zhou H., Forrest R.H.J., Li Sh.,Wang J., Dyer J.M., Luo Y., Hickford J.G.H., Wool keratin-associated protein genes in sheep-A Review, *Genes*, 2016, Vol. 7(6), pp. 24, DOI: 10.3390/genes7060024.
16. Rogers G. R., Hickford J. G, Bickerstaffe R. MspI RFLP in the gene for a Type I intermediate filament wool keratin, *Animal Genetics*, 1993, Vol. 24, pp. 218, DOI: 10.1111/j.1365-2052.1993.tb00925.x.
17. Mahdi1 Z.M., Hadi Y.A., Mnati A.A., Majeed H.H., Genetic variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds, *Biochemical and Cellular Archives*, 2018, Vol. 18 (1), pp. 1233–1237.
18. Selionova M.I., Kovalev D.A., Skoryh L.N., Safonova N.S., Efimova N.I., *Vestnik APK Stavropolja*, 2019, No. (35), pp. 25–29, DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-35-25-29. (In Russ).
19. Skoryh L.N., Kovalev D.A., Safonova N.S., Omarov A.A., *Veterinarija i kormlenie*, 2020, No. 1, pp. 37–39, DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-1-9. (In Russ)
20. Meena A.S., Bhatt R.S., Sahoo A., Kumar S., Polymorphism of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep, *Indian J. Anim. Res*, 2017, Vol. 51 (3), pp. 469–473, DOI:10.18805/ijar.v0i0f.3783.
21. Kolosov Ju.A., Kobyljackij P.S., Shirokova N.V., Getmanceva L.V., Bakoev N.F., *Nauchnaja zhizn&apos,* 2017, No. 3, C. 84–91. (In Russ).
22. Palmer B.R., Morton J.D., Roberts N, Ilian M.A., Bickerstaffe R., Marker-assisted selection for meat quality and the ovine calpastatin gene, *Conference: New Zealand Society of Animal Production,* 1999, 59. pp. 266–268.
23. Hoa Van Ba,Bandugula Venkata Reddy, Inho Hwang. Role of calpastatin in the regulation of mRNA expression of calpain, caspase, and heat shock protein systems in bovine muscle satellite cells, *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Animal volume,* 2015, Vol. 51, pp. 447–454.
24. Uppe V., Kuevda T., Zubochenko D., Usmanova E., Ostapchuk P., Calpastatin (CAST) Gene Polymorphism in Tsigai and Merinoland Sheep Breeds Under Conditions of the Republic of Crimea, *BIO Web of Conferences*, 2021, Vol. 36, DOI:10.1051/bioconf/20213606002.
25. Leal-Gutiérrez J.D., Elzo M.A., Johnson D.D. [et al.], Association of μ-Calpain and Calpastatin Polymorphisms with Meat Tenderness in a Brahman-Angus Population, *Front Genet*, 2018. Vol. 22 (9:56), pp. 39–47, DOI: 10.3389/fgene.2018.00056.
26. Aali M., Moradi-Shahrbabak M., Moradi-Shahrbabak H., Sadeghi M., Detecting novel SNPs and breed-specific haplotypes at calpastatin gene in Iranian fat- and thin-tailed sheep breeds and their effects on protein structure, *Gene*, 2014, Vol. 537 (1), pp. 132–139, DOI:10.1016/j.gene.2013.12.023.
27. Pogodaev V.A., Kononova L.V., Aduchiev B.K., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii,* 2019, No 3 (47), pp. 141–145, DOI: 10.18286/1816-4501-2019-3-141-145. (In Russ).
28. Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Luciva E.D., Efimova N.I., *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2020, No. 6, pp. 47–51. (In Russ).
29. Ozderimov A.A., Surov A.I., Surzhikova U.S., Hozhokov A.A., Gadzhiev Z.K., Evlagina D.D., *Jug Rossii: jekologija, razvitie*, 2022, T. 17, No. 3, pp. 78–84. (In Russ).

30. Kolosov Yu. A., Gorlov I.F., Kolosov A.Yu. [et al.], Determination of CAST gene polymorphism in sheep of the Volgograd breed, IV international conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies Agritech-iv-2020, *IOP conference series: earth and environmental science*, Krasnoyarsk, 2021, pp. 1–7.
31. Halina O.L., Mager S.N., Goncharenko G.M., Horoshilova T.S., Grishina N.B., *Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii*, 2022, No. 4, pp. 103–116, DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-103-116. (In Russ).
32. Azari M.A., Dehnavi E., Yousefi S., Shahmohamdi L., Polymorphism of Calpastatin, Calpain and myostatin genes in native Dalagh sheep in Iran, *Slovak Journal of Animal Science*, 2012, Vol. 45 (1), pp. 1–6.
33. Gharahveysi S., Abbasi H.A., Irani M., Abdullahpour R., Mirhabibi S., Polymorphism investigation of calpastatin gene in Zel sheep population of Iran by PCR-RFLP method, *African Journal of Biotechnology*, 2012, Vol. 11, No. 13, pp. 3211–3214, DOI:10.5897/AJB11.3256.
34. Suleman M., Khan S.U., Riaz M.N, Yousaf M., Shah A., Ishaq R., Ghafoor A., Calpastatin (CAST) gene polymorphism in Kajli, Lohi and Thalli sheep breeds, *African Journal of Biotechnology*, 2012, Vol. 11 (47), pp. 10655–10660, DOI: 10.5897/AJB11.2478.
35. Shahram N., Goodarzi M., Polymorphism of candidate genes for meat production in Lori sheep, *IERI Procedia,* 2014, Vol. 8, pp. 18–23, DOI: 10.1016/j.ieri.2014.09.004.
36. Shahroudi F.E., Nassiry M.R., Valizadh R., Moussavi A.H., Tahmoorespour M., Ghiasi H., Genetic polymorphism at MTNR1A, CAST and CAPN loci in Iranian Karakul sheep, *Iranian Journal of Biotechnology*, 2006, Vol. 4 (2), pp. 117–122.
37. Nassiry M.R., Tahmoorespour M., Javadmanesh A., Soltani M., Foroutani Far S., Calpastatin polymorphism and its association with daily gain in Kurdi sheep, *Iranian Journal of Biotechnology*, 2006, Vol. 4 (3), pp. 188–192.
38. Pashteckij V.S., Ostapchuk P.S., Usmanova E.N., Kuevda T.A., Zubachenko D.V., *Geneticheskie resursy zhivotnovodstva: sostojanie i perspektivy v sfere sel'skogo hozjajstva.* Sbornik nauchnyh trudov po Materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Mahachkala, 3-4 nojabr, 2022 g), 2022, pp. 58–64. (In Russ).
39. Valencia C.P.L., Franco L.Á.Á., Herrera D.H., Association of single nucleotide polymorphisms in the *CAPN, CAST, LEP, GH*, and *IGF-1* genes with growth parameters and ultrasound characteristics of the Longissimus dorsi muscle in Colombian hair sheep, *Tropical Animal Health and Production*, 2022, Vol. 54 (1), doi.org/10.1007/s11250-022-03086-x.
40. Mahdavi Mamaghani A., Shoja J., Pirani N, Elyasi Gh., Comparing polymorphism of calpastatin gene using PCR-SSCP method in Ghezel sheep and Sarabi Cows, *Animal Science Research Journal*, 2008, Vol. 19 (1), pp. 2–10.
41. Tahmoorespur M., Ahmadi H., A neural network model to describe weight gain of sheep from genes polymorphism, birth weight and birth type, *Livestock Science*, 2012, Vol. 148, pp. 221–226, DOI: 10.1016/j.livsci.2012.06.008.
42. Pethick D.W., Ball A.J., Banks R.G., Gardner G.E., Rowe J.B., Jacob R.H., Translating science into the next generation meat quality program for Australian lamb, *Meat Science*, 2021, Vol. 96 (2), pp. 1013–1015, DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.011.
43. Fang Q., Forrest R.H., Zhou H., Frampton C.M., Hickford J.G.H., Variation in exon 10 of the ovine calpain 3 gene (*CAPN3*) and its association with meat yield in New Zealand Romney sheep, *Meat Science*, 2013, Vol. 94 (3), pp. 388–390, DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.03.015.
44. Lushnikov V.P., Fetisova T.O., Stril'chik A.A., *Ovcy, kozy, sherstjanoe delo*, 2020, No. 2, C. 9–11. (In Russ).
45. Sutikno S., Yaminc M., Sumantri C., Association of Polymorphisms Calpastatin Gene with Body Weight of Local Sheep in Jonggol, *Media Peternakan*, 2011, Vol. 34(1), pp. 1–6, doi.org/10.5398/medpet.2011.34.1.1
46. Mehdi Nikmard, Vahid Molaee, Morad Pasha Eskandarinasab, Navid Dinparast, Ali Reza Vajhi, Calpastatin polymorphism in Afshari sheep and itspossible correlation with growth and carcass traits, *Journal of Applied Animal Research*, 2012, Vol. 40 (4), pp. 1–5, DOI:10.1080/09712119.2012.692330.
47. 47. Khan S., Riaz M.N, Ghaffar A., Khan M., Calpastatin (CAST) gene polymorphism and its association with average daily weight gain in Balkhi and Kajli sheep and Beetal goat breeds, *Pakistan Journal of Zoology*, 2012, Vol. 44 (2), pp. 377–382.

48. Vorotnikova S. Ju., Pigarova E.A., Dzeranova L.K., O*zhirenie i metabolizm,* 2011, T 8. No. 4, pp. 55–59. (In Russ).
49. Bolotova N.V., Kopytina E.V., A. *Vestnik TGU*, T. 6, No. 1, 2021, pp. 384–385. (In Russ).
50. Selionova M.I., Evlagina D.D., Svetlichnyj S.I., M*olekuljarno-geneticheskie tehnologii analiza jekspressii genov produktivnosti i ustojchivosti k zabolevanijam zhivotnyh*: Materialy Tret'ej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v ramkah goda nauki i tehnologij Rossijskoj Federacii po tematike «Genetika i kachestvo zhizni», 2021, pp. 396–403. (In Russ).
51. Safonov N.S., Kovalev D.A., Skoryh L.N., Efimova N.I., Zhirov A.M., *Glavnyj zootehnik*, 2019, No 6, pp. 10–12. (In Russ).
52. Hanrahan J.P., Gregan S.M, Mulsant P., Mullen M., Davis G.H., Powell R., Galloway S.M., Mutations in the genes for oocyte-derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (Ovis aries), *Biology of Reproduction*, 2004, Vol. 70, pp. 900–909, DOI: 10.1095/biolreprod.103.023093.
53. Mnati A. Genetic variation of growth hormone gene in Iraqi sheep breeds, *Biochemical and Cellular Archives*, 2018, Vol. 18, pp. 1233–1237.
54. Othman E., Alam S.S., Heba Abd El-Kader A.M., Omaima Abd-ElMoneim M., Genotyping of Growth Hormone Gene in Egyptian Small Ruminant Breeds *Biotechnology*, 2015, Vol. 14, pp. 136–141, DOI:10.3923/biotech.2015.136.141.
55. Malewa A.D., Hakim L., Maylinda S., Husain M.H., Growth hormone gene polymorphisms of Indonesia fat tailed sheep using PCR-RFLP and their relationship with growth traits, *Livestock research for rural development journal*, 2014, Vol. 26 (4), pp. 115–123.
56. Kostylev M.N., Abramova M.V., Ilina A.V., Barysheva M.S., Evdokimov E.G., Lapina M.Ju., Malina Ju.I., *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universitet*a., 2020, No 6, pp. 322-326. (In Russ).
57. Abramova M.V., Il'ina A.V., Barysheva M.S., Malina Ju.I., Evdokimov E.G., *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov*, 2022, T. 17, No 4, pp. 514–526. (In Russ).
58. Havinson V.H., Kuznik B.I., Ryzhak G.A., Lin'kova N.S., Kozina L.S., Sall' T.S., *Uspehi gerontologii*, 2016, T. 29, No. 5, pp. 722–731. (In Russ).
59. Pokharel K., Peippo J., Honkatukia M., Seppälä A., Rautiainen J., Ghanem N., Integrated ovarian mRNA and mi RNA transcriptome profiling characterizes the genetic basis of prolificacy traits in sheep (ovis aries) / *BMC Genomics*, 2018, Vol. 19 (1), https://doi.org/10.1186/s12864–017–4400–4 24.
60. Al-Mutar H., Younis L. Effect of point mutation in the growth differentiation factor 9 gene of oocytes on the sterility and fertility of Awassi sheep, *Archives of Razi Institute,* 2020, Vol. 75, pp. 101–108.
61. Pan Z., Wang X., Di R., Liu Q., Hu W., Cao X. et al. A 5-methylcytosine site of growth differentiation factor 9 (Gdf9) gene affects its tissue-specific expression in sheep, *Animals,* 2018, Vol. 8 (11), https://doi.org/10.3390/ani8110200.
62. Petuhova D.D., *Selaposskohozjajstvennyj zhurnal,* 2020, No. 5 (13), pp. 73–79. (In Russ).
63. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Kolosov Ju.A., Shirokova N.V., *Agrarno-pishhevye innovacii*, 2021, No. 4 (2), pp. 51–59, DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59. (In Russ).
64. Wang F., Chu M., Pan L., Wang X., He X., Zhang R., Tao L., La Y., Ma L., Di R., Polymorphism detection of gene GDF9 and its association with litter size in Luzhong mutton sheep (ovis aries), *Animals*, 2021, No. 11 (2). pp. 1–11, doi.org/10.3390/ani11020571.
65. Gorlov I.F., Kolosov Y.A., Shirokova N.V., Getmantseva L.V., Slozhenkina M.I., Mosolova N.I., Bakoev N.F., Leonova M.A., ., Kolosov A.Y., Zlobina E.Y., GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds, *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 2018, Vol. 29, pp. 61–66, DOI: https://doi.org/10.1007/s12210-017-0659-2.
66. Getmantseva L., Bakoev N., Shirokova N., Kolosova M., Bakoev S., Kolosov A., et al., Effect of the gene *GDF9* on the weight of lambs at birth. *Bulgarian Journal of Agricultural Scienc*e, 2019, Vol. 25 (1), pp. 153–157.
67. Li Y., Jin W., Wang Y., Zhang J., Meng C., Wang H., et al., Three complete linkage SNPs of gene GDF9 affect the litter size probably mediated by OCT1 in hu sheep, *DNA and Cell Biology*, 2020, Vol. 39 (4), pp. 563–571, doi.org/10.1089/dna.2019.4984.

68. Selionova M.I., Podkorytov N.A., Polymorphism of the gene GDF9 in sheep of Prikatun type of Altai Mountains breedand its correlation with indices of meat rate productivity, *Theory and practice of meat processing*, 2021, Vol. 6(1), pp. 4-9, https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-1-4-9.
69. Pogodaev V.A., Sergeeva N.V., Zavgorodnyaya G.V., *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 56. (1), pp. 64–66.
70. Senina R. Ju., Kalashnikova L.A., Lushnikov, Pavlov M.B., *Ovcy, kozy, sherstjanoe delo,* 2018, No. 3, pp. 20–24. (In Russ).
71. Kumar R., Meena A.S., Kumari R., Jyotsana B., Prince L.L.L., Kumar S., Polymorphism of KRT 1.2 and KAP 1.3 genes in Indian sheep breeds, *Indian Journal of Small Ruminants*, 2016, Vol. 22 (1), pp. 28–31, DOI: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0.
72. Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S., Mihajlenko T.N., Evlagina D.D., Onishhenko O.N., Raspredelenie chastoty vstrechaemosti allelej gena kal'pastatina u ovec raznyh porod (obzor), *Agrarnyj nauchnyj zhurnal,* 2023, No. 5, pp. 72–78, DOI: 10.28983/asj.y2023i5pp. 72–78. (In Russ).
73. Farag I.M., Darwish H.R., Darwish A.M., Eshak M.G., Ahmed R.W., Genetic Polymorphism of *KRT1.2* Gene and its Association with Improving of Some Wool Characteristics in Egyptian Sheep, *Asian Journal of Scientific Research*, 2018, Vol. 11 (2), pp. 295–300, DOI: 10.3923/ajsr.2018.295.300.
74. Singh V.P., Taggar R.K., Chakraborty D., Singh B.P., Khajuria P., Singh S., Gupta P. KRT 1.2 gene polymorphism and its association with wool traits in Rambouillet sheep, T*he Pharma Innovation Journal*, 2022, Vol. 11(6), pp. 2619–2621.
75. Chai W., Zhou H., Gong H., Wang J., Luo Y., Hickford J., Nucleotide variation in the ovine KRT31 promoter region and its association with variation in wool traits in Merino-cross lambs, *The Journal of Agricultural Science*, 2019, Vol. 157 (2), pp. 182–188, DOI:10.1017/S0021859619000406.
76. Sulayman A., Tursun, M. Sulaiman Y., Huang X., Tian K., Tian Y., Xu X., Fu X., Mamat A., Tulafu H., Association analysis of polymorphisms in six keratin genes with wool traits in sheep, *Asian-Australas J. Anim. Sci*, 2018, Vol. 31 (6), pp. 775–783, doi.org/10.5713/ajas.17.0349.

УДК: 636.22/.28.082.2
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-162-172

ОЦЕНКА СЕЛЕКЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ

[1]**А.С. Дуров,** кандидат сельскохозяйственных наук

[1]**В.А. Солошенко,** доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

[2]**В.А. Плешаков,** кандидат сельскохозяйственных наук

[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

[2]ООО «Ассоциация Мясплем Алтая», Барнаул, Россия

E-mail: animal@sfsca.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, казахская белоголовая порода, быки, разведение, селекция, генеалогическая структура, линия, тип, живая масса, молочность.

Реферат. *В племенном хозяйстве ООО «Колос» Алтайского края, занимающемся разведением и селекцией крупного рогатого скота казахской белоголовой породы, проведена оценка бычков по собственной продуктивности, быков-производителей по качеству потомства, линий, селекционных и производственных групп. Установлено, что вне зависимости от того, какой признак берется за базовый, бычки селекционной группы проявляют высокие продуктивные качества. Анализ коэффициентов корреляции позволяет отметить сильную связь между живой массой и среднесуточным приростом, затратами корма, оценкой мясных качеств, относительным приростом, индексом «А». Сравнительная оценка быков-производителей по качеству потомства свидетельствует, что сыновья Заура 70099, Панкрата 6809, Симонса 6633 являются улучшателями. При оценке генеалогической структуры лучшие показатели имеют бычки, относящиеся к линии Замка 3335. При сравнительной оценке силы влияния линии и быка производителя на изменчивость признаков установлено, что сила влияния быка-производителя, как правило, выше, чем влияние линии, причем по важнейшим признакам более чем в 2 раза. Самая высокая сила влияния быков-производителей отмечена по таким признакам, как живая масса, среднесуточный прирост, оценка мясных качеств, комплексный индекс «А». Популяция казахской белоголовой породы обладает высоким селекционным потенциалом в аспекте оценки генофонда и фенофонда животных, а также имеет оптимальный уровень генетической изменчивости признаков, выражаемый через силу влияния быка-производителя на изменчивость признаков.*

ASSESSMENT OF THE SELECTION STRUCTURE OF THE KAZAKH WHITE-HEADED CATTLE HERD

[1]**A.S. Durov,** PhD in Agricultural Sciences

[1]**V.A. Soloshenko,** Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

[2]**V.A. Pleshakov,** PhD in Agricultural Sciences

[1]Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, r.p. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

[2]LLC "Association Myasplem Altai", Barnaul, Russia

E-mail: animal@sfsca.ru

Keywords: cattle, Kazakh white-headed breed, bulls, breeding, selection, genealogical structure, line, type, live weight, milk production.

Abstract. *In the breeding farm Kolos LLC in the Altai Territory, which is engaged in the breeding and selecting Kazakh white-headed cattle, bulls were assessed by their productivity, sires by the quality of their offspring, lines, breeding and production groups. It has been established that, regardless of which trait is taken as the base one, the bulls of the selection group exhibit highly productive qualities. Analysis of correlation coefficients allows us to note a strong connection between live weight and average daily gain, feed costs, assessment of meat qualities, relative gain, and the "A" index. A comparative evaluation of stud bulls based on the quality of their offspring indicates that the sons of Zaur 70099, Pankrat 6809, and Simons 6633 are improvers. When assessing the genealogical structure, the best indicators are shown by bulls belonging to the line of Castle 3335. When comparatively evaluating the strength of the influence of the line and the sire bull on the variability of traits, it*

was established that the stability of the impact of the sire bull is, as a rule, higher than the influence of the line and for the most critical traits it is more than two times. The highest power of the sire's influence is noted for such characteristics as live weight, average daily gain, assessment of meat qualities, and complex index "A". The population of the Kazakh white-headed breed has a high selection potential in assessing animal gene pool and phenol. Also, it has an optimal level of genetic variability of traits, expressed through the strength of the sire's influence on the variability of traits.

Разведение по линиям является важным элементом племенной работы с казахской белоголовой породой. Только на этапе её создания сформировано 14 заводских линий, и эта работа продолжается. В современных племенных стадах северного и восточного Казахстана сформированы и находятся в стадии формирования 22 родственные группы быков, представляющих активную часть стад, а 6 из них подлежат апробации в качестве заводских линий [1–3].

Селекционно-племенная работа и совершенствование стад, направленное на повышение интенсивности роста молодняка, в конечном итоге заключается в увеличении поголовья высокопродуктивных животных. Мероприятия по улучшению полезных качеств скота осуществляются главным образом путем использования быков-улучшателей, прошедших двухэтапную оценку [4, 5].

Отнесение животных к селекционной группе или производственному типу имеет экономическое значение. Так, на примере молочного скотоводства, использование первотелок обильномолочного типа более прибыльно, чем низкомолочного [6].

Животные крепкой конституции достигают высоких показателей продуктивности. В популяции яков самые высокие показатели продуктивности отмечены у животных высокорослого типа [7, 8].

Формирование селекционных групп возможно и по внутренним интерьерным признакам (гипоферментативный тип, переходный, гиперфементативный). Для животных гиперферментативного типа характерен четко выраженный высокий уровень продуктивности, коровы переходного типа занимают промежуточное положение [9].

Использование результатов оценки линий по продуктивности животных позволяет расставить приоритеты по выбору эффективных продолжателей и формированию племенного ядра [10, 11].

При разведении по линиям и использовании их сочетаний отмечено превосходство молодняка кроссов по количеству и качеству мясной продукции, соотношению питательных веществ в туше, показателям экономической эффективности. Данный факт позволяет констатировать наличие возможности производства говядины высокого качества с ориентацией на внутренний рынок и обеспечивает приоритет отечественного производителя [12].

Различия в росте и развитии молодняка заводских линий необходимо учитывать при составлении селекционно-племенных программ, направленных на совершенствование племенных и продуктивных качеств животных [13, 14].

Повышение генетического потенциала крупного рогатого скота казахской белоголовой породы необходимо проводить не за счёт бездумного использования генотипов сторонних пород, а путём чистопородного разведения. Здесь важную роль может сыграть изучение вопросов оценки популяций и наследования признаков. Это позволит создать типы животных, более полно соответствующих природно-климатическим условиям региона разведения, и обеспечить население высококачественной говядиной [15–18].

Важное значение имеет привлечение генетических систем при разведении казахского белоголового скота с целью контроля генетического разнообразия в процессе селекции. Особый интерес представляет организация отбора и подбора с учётом генетических расстояний [19–21].

Целью настоящих исследований является оценка фенофонда и генотипической структуры стада бычков при совершенствовании массива казахской белоголовой породы, разводимой в условиях Алтайского края.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в племенном хозяйстве ООО «Колос» Алтайского края, зани-

мающемся разведением и селекцией крупного рогатого скота казахской белоголовой породы.

Для анализа использованы хозяйственно полезные признаки бычков казахской белоголовой породы, такие как живая масса при рождении, в 8 и 15 месяцев, затраты корма, среднесуточный прирост, оценка мясных качеств, селекционные индексы «А» и «Б» [22].

Проведена оценка быков-производителей по качеству потомства и генеалогических линий казахской белоголовой породы по продуктивным качествам бычков от рождения до 15 месяцев. Сравнение линий проводили по отношению к средней величине по стаду и стандарту породы. Межлинейные различия установлены в анализируемом массиве данных.

Критерием для выделения селекционных и производственных групп животных является живая масса бычков в 8 и 15 месяцев, а также комплексный индекс «А». За основу определения параметров отбора взяты среднее значение признака и его стандартное отклонение [23]. В первую группу, селекционную, входят животные, удовлетворяющие следующей границе отбора: $X \geq \overline{X} + Ð$; во вторую группу, производственную, – $\overline{O} + Ð > X \geq \overline{X} - Ð$; к третьей группе, низкопродуктивной, относят животных с минимальными значениями оцениваемого признака: $X < \overline{X} - Ð$, где X – значение ранжируемого признака у животных; $\overline{X}$ – среднее значение признака в популяции; $Ð$ – стандартное отклонение.

Достоверность разницы определена как между животными оцениваемой линии и остальной популяцией, так и попарно между животными разных групп. Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики по общепринятым методикам [24, 25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки формирования селекционных и производственных групп нами рассчитаны параметры отбора (табл. 1–3). Так, требования для отнесения животных в селекционную группу по живой массе в 8 и 15 месяцев соответствуют значениям класса элита-рекорд, а по селекционному индексу «А» – критериям животных-улучшателей. Для животных низкопродуктивной группы параметры отбора по живой массе отвечают критериям класса элита, а по селекционному индексу «А» характерны для животных-ухудшателей.

Анализ вариантов формирования селекционных и производственных групп бычков с учётом рассчитанных параметров отбора позволяет отметить, что при выделении групп по живой массе бычков в 8 месяцев отмечены достоверные различия между ними по живой массе, относительному и среднесуточному приросту, комплексному индексу «А».

Таблица 1

Результаты оценки селекционных групп по живой массе в 8 месяцев
Results of assessment of selection groups by live weight at 8 months

Показатель	Группа			Уровень вероятности разницы		
	селекционная, n = 40	производственная, n = 184	низкопродуктивная, n = 42	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
1	2	3	4	5	6	7
Параметры отбора по живой массе в 8 мес, кг	294	293–239	менее 238			
Живая масса, кг						
при рождении	34,10±0,50	34,30±0,31**	30,00±0,68***	н.д.	0,999	0,999
в 8 мес	311,80±2,85***	265,30±3,59	228,80±1,46***	0,999	0,999	0,999
15 мес	545,10±7,41***	462,80±6,80	421,60±5,82***	0,999	0,999	0,999
Относительный прирост с 8 до 15 мес, %	174,80±1,81	174,60±1,03*	184,30±2,23**	н.д.	0,99	0,99

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес., кг	1111,00±28,01***	940,30±18,11*	918,30±25,15	0,999	0,999	н.д.
Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	7,03±0,01*	7,07±0,01	7,10±0,02	0,99	0,99	н.д.
Оценка мясных качеств, баллов	59,60±0,16**	59,10±0,10	58,31±0,26**	0,99	0,999	0,99
Комплексный индекс «А», %	108,40±1,19***	99,10±0,87	95,90±1,09**	0,999	0,999	н.д

Примечание. Здесь и далее достоверность разницы между животными оцениваемой группы и оставшейся выборкой обозначена как *P≥0,95; **P≥0,99; ***P≥0,999; в столбцах «Уровень вероятности разницы» приведена попарная достоверность разницы между группами в диапазоне 0,95–0,999, обозначение «н.д.» читать как «недостоверный». В табл. 1–3, с учётом поправки Бонферрони, нижний порог достоверности попарного сравнения селекционных и производственных групп составляет 0,98.
Note. From now on, the significance of the difference between the animals of the evaluated group and the remaining sample is designated as *P≥0.95; **P≥0.99; ***P≥0.999; the columns “Probability level of difference” show the pairwise significance of the difference between groups in the range of 0.95–0.999, designated “n.d.” read as unreliable. In Table 1–3, considering the Bonferroni correction, the lower threshold for the reliability of pairwise comparisons of breeding and production groups is 0.98.

Следует отметить, что животные селекционной и производственной групп соответствовали критериям класса элита-рекорд по живой массе в 8 и 15 месяцев, а низкопродуктивные животные по живой массе в 8 месяцев соответствовали стандарту породы, в 15 месяцев – классу элита (см. табл. 1).

Сравнительная оценка сформированных селекционных групп бычков по живой массе в 15 месяцев свидетельствует о наличии достоверных различий по живой массе, относительному приросту, мясной продуктивности, комплексному индексу «А». Живая масса в 8 месяцев у всех производственных групп соответствует критериям класса элита-рекорд, а в 15 месяцев у селекционной и производственной – элита-рекорд, а у низкопродуктивных – стандарту I класса (см. табл. 2).

Таблица 2

Результаты оценки селекционных групп по живой массе в 15 месяцев
Results of assessment of selection groups by live weight at 15 months

Показатель	Группа			Уровень вероятности разницы		
	селекционная, n = 41	производственная, n = 180	низкопродуктивная, n = 45	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
Параметры отбора по живой массе в 15 мес., кг	523	522–414	Менее 413			
Живая масса, кг						
при рождении	33,90±0,55	33,90±0,32	32,10±0,75	н.д.	н.д.	н.д.
в 8 мес	306,80±3,45***	263,00±3,56	243,90±3,15***	0,999	0,999	0,99
15 мес	556,80±4,49***	468,40±6,92	389,40±2,97***	0,999	0,999	0,999
Относительный прирост с 8 до 15 мес, %	181,90±1,19**	178,70±0,94*	160,80±2,39***	н.д.	0,999	0,999
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, кг	1190,50±12,52***	978,00±18,20	693,00±20,59***	0,999	0,999	0,999
Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	7,00±0,00***	7,05±0,01*	7,19±0,02**	0,999	0,999	0,999
Оценка мясных качеств, баллов	59,90±0,08***	59,30±0,10*	57,50±0,23***	0,999	0,999	0,999
Комплексный индекс «А», %	111,20±0,53***	100,60±0,88	87,60±0,72***	0,999	0,999	0,999

Рассмотрение вариантов формирования селекционных групп бычков по итоговому признаку, а именно по комплексному индексу «А», показывает обоснованность выделения групп лучших и худших животных (см. табл. 3).

Таблица 3

Результаты оценки селекционных групп по комплексному индексу
Results of assessment of breeding groups using a complex index

Показатель	Группа			Уровень вероятности разницы		
	селекционная, n = 43	производственная, n = 182	низкопродуктивная, n = 41	P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
Параметры отбора по комплексному индексу «А», %	108	107–92	Менее 91			
Живая масса, кг						
при рождении	34,30±0,48	33,50±0,34	33,10±0,76	н.д.	н.д.	н.д.
в 8 мес	297,60±4,50***	262,00±3,10*	254,00±3,45**	0,999	0,999	н.д.
15 мес	551,90±4,93***	466,60±6,74	390,60±3,62***	0,999	0,999	0,999
Относительный прирост с 8 до 15 мес, %	186,40±1,61***	178,60±0,94*	154,60±1,93***	0,99	0,999	0,999
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, кг	1211,10±10,92***	974,00±19,02	650,60±17,69***	0,999	0,999	0,999
Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	7,00±0,00***	7,05±0,01*	7,23±0,02***	0,999	0,999	0,999
Оценка мясных качеств, баллов	59,90±0,06***	59,30±0,09*	57,30±0,24***	0,999	0,999	0,999
Комплексный индекс «А», %	111,60±0,46***	100,40±0,89	86,30±0,63***	0,999	0,999	0,999

Так, отмечены достоверные различия между селекционными группами по живой массе, относительному приросту, оценке мясных качеств, комплексному индексу «А». Животные селекционной и производственной групп соответствуют требованиям класса элита-рекорд по живой массе в 8 и 15 месяцев, низкопродуктивные бычки по живой массе в 8 месяцев отвечают требованиям класса элита-рекорд, а в 15 месяцев – только лишь стандарту породы (I класса).

Таким образом, выделение разных вариантов селекционных и производственных групп позволяет сделать вывод об общей закономерности, которая проявляется при разных вариантах ранжирования. Вне зависимости от того, какой признак берется за базовый, бычки селекционной группы показывают высокие продуктивные качества. Учитывая высокую корреляционную связь живой массы бычков в 8 месяцев с другими продуктивными признаками, можно предположить о наличии высокой статистической зависимости эффективности выращивания телят до отъёма с продуктивностью в более старшем возрасте. Данный факт даёт практическое основание для вычисления параметров отбора и разделения животных на селекционные и производственные группы.

Сравнительная оценка коэффициентов корреляции показывает, что наиболее выраженная связь отмечена между живой массой и среднесуточным приростом, затратами корма, оценкой мясных качеств, относительным приростом, индексом «А» (табл. 4).

Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства показывают, что сыновья Заура 70099, Панкрата 6809, Симонса 6633 имеют достоверное превосходство над

сверстниками по живой массе в 15 месяцев, среднесуточному приросту, индексу «Б», а потомство Змея 6851, Сайкса 9211, Командора 9801, Соломона 9231 достоверно уступает сверстникам по ключевым признакам. Таким образом, по итогам оценки быки-производители Заур 70099, Панкрат 6809, Симонс 6633 являются улучшателями и могут быть использованы для повышения племенных качеств потомков (табл. 5).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции основных признаков
Correlation coefficients of main characteristics

Показатель	Живая масса в 8 мес	Живая масса в 15 мес	Относительный прирост с 8 до 15 мес	Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес	Затраты корма на 1 кг прироста	Оценка мясных качеств	Комплексный индекс «А»
Живая масса при рождении	0,17*	0,09	-0,09	0,01	0,04	0,1	0,04
Живая масса в 8 мес		0,74***	-0,20**	0,35***	-0,24**	0,31***	0,50***
Живая масса в 15 мес			0,50***	0,88***	-0,60***	0,61***	0,95***
Относительный прирост с 8 до 15 мес				0,84***	-0,57***	0,49***	0,74***
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес					-0,67***	0,63***	0,98***
Затраты корма на 1кг прироста, к. ед						-0,74***	-0,71***
Оценка мясных качеств							0,70***

Анализ состояния стада показывает, что живая масса бычков в 8 и 15 месяцев соответствует классу элита-рекорд, наблюдается превышение над требованиями упомянутого класса в целом по выборке в возрасте 8 месяцев на 11%, в 15 месяцев – на 10,3%. При этом животные лучших линий превосходят требования класса элита-рекорд по живой массе в 15 месяцев на 10–15% (табл. 6).

Потомки линии Смычка 5545к достоверно уступают сверстникам по живой массе в 8 и 15 месяцев, относительному и среднесуточному приросту, балльной оценке мясных качеств, комплексному индексу «Б». Бычки, принадлежащие линии Замка 1325, имеют достоверное превосходство над сверстниками по живой массе в 15 месяцев, среднесуточному приросту, комплексному индексу «Б». Таким образом, лучшие показатели по продуктивности и комплексному индексу «Б» имеют быки-производители, относящиеся к линии Замка 3335, а для линии Смычка 5545к необходимо отобрать более эффективных продолжателей.

Сравнительная оценка силы влияния линии и быка-производителя на изменчивость признаков в популяции животных позволяет отметить, что сила влияния быка-производителя, как правило, выше, чем влияние линии, причем по важнейшим признакам более чем в 2 раза (табл. 7). Самая высокая сила влияния быка-производителя отмечена по таким признакам, как живая масса, среднесуточный прирост, оценка мясных качеств, комплексный индекс «А».

Таблица 5

Оценка быков-производителей по качеству потомства
Evaluation of sires based on the quality of their offspring

Кличка и номер быка	Живая масса, кг			Относительный прирост, %	Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, г	Затраты корма на 1 кг прироста к.ед.	Оценка мясных качеств, баллов	Комплексный индекс «Б», %
	при рождении	в 8 мес	в 15 мес					
Гранат 20011, n = 6	33,20±1,61	253,00±7,11	461,80±11,74	182,70±2,39*	994,40±29,98	7,00±0,00***	60,00±0,00***	101,10±1,36
Заветный 6475, n = 17	34,40±1,09	271,80±6,55	475,70±10,86	175,50±2,75	971,20±32,58	7,02±0,01*	59,65±0,18*	101,10±1,44
Задор 7461, n = 21	32,60±0,99	267,00±6,64	480,20±12,11	180,20±2,93	1015,20±36,88	7,03±0,02	59,14±0,35	102,30±1,72
Закал 7703, n = 16	33,10±1,26	275,50±6,84	478,90±15,74	173,60±2,87	968,80±49,02	7,07±0,03	59,38±0,23	100,90±2,21
Запад 7709, n = 6	34,00±2,03	260,70±15,13	456,20±25,95	175,20±2,80	931,00±57,40	7,07±0,04	58,33±0,56	98,20±3,14
Заур 70099, n = 12	33,00±0,99	281,70±9,94	505,60±13,10*	180,50±3,71	1066,30±35,91*	7,00±0,00***	59,83±0,16***	105,50±1,52**
Змей 6851, n = 20	33,40±1,11	259,60±6,58	440,90±11,64*	170,50±3,58	863,30±40,75*	7,12±0,03	58,30±0,38*	95,10±1,83*
Зыбучий 5403, n = 11	33,60±1,48	264,00±4,88	461,00±12,36	174,70±3,71	938,10±48,40	7,09±0,03	58,36±0,62	98,50±2,21
Колыван 9057, n = 5	31,60±1,89	264,60±6,14	458,20±18,28	173,20±6,16	921,90±75,74	7,00±0,00***	60,00±0,00***	99,00±2,90
Канслер 7635, n = 17	32,80±1,05	261,90±6,07	444,90±13,64	170,00±3,46	871,40±48,51	7,07±0,02	58,94±0,34	96,10±2,07
Капрал 6489, n = 15	33,90±1,00	267,40±7,00	468,40±16,35	175,70±5,38	957,10±66,48	7,11±0,04	58,40±0,43	99,40±2,79
Карал 7731, n = 9	34,40±1,35	273,40±9,73	477,20±18,66	174,60±3,13	970,40±52,00	7,10±0,04	58,67±0,44	100,40±2,58
Клевер 6411, n = 8	34,30±1,03	283,80±10,69	515,50±25,93	181,10±3,61	1103,60±77,56	7,04±0,02	59,25±0,34	106,60±3,57
Командор 9801, n = 6	37,50±0,51***	259,70±6,16	432,30±13,45*	166,90±5,92	822,20±66,15*	7,10±0,04	59,00±0,41	94,20±2,48
Кронос 5603, n = 14	33,10±1,19	272,30±6,21	475,40±10,89	175,20±3,74	967,00±42,53	7,07±0,03	59,43±0,24	100,60±1,69
Панкрат 6809, n = 5	33,40±1,15	284,80±13,54	514,40±15,21*	181,90±6,57	1093,30±48,07*	7,04±0,04	59,60±0,36	106,30±1,79**
Пилот 7603, n = 19	33,20±1,13	258,10±4,84	454,50±11,14	176,10±2,61	935,30±37,81	7,09±0,03	58,74±0,34	98,20±1,70
Пион 1613, n = 27	32,20±0,76	254,20±4,13*	466,20±6,97	183,80±1,91**	1009,50±21,45*	7,06±0,02	59,52±0,19*	101,50±1,01
Сайкс 9211, n = 6	33,80±1,85	259,30±5,27	411,70±15,27**	158,70±4,63**	725,40±60,93**	7,15±0,03*	57,67±0,30***	89,70±2,44***
Соломон 9231, n = 9	37,30±0,27***	255,20±5,06*	434,10±12,61*	170,90±6,41	851,90±70,47	7,13±0,04	58,44±0,42	94,60±2,62
Симонс 6633, n = 8	36,50±1,27*	284,80±7,54*	516,00±6,59***	182,00±4,07	1101,20±27,16***	7,01±0,01**	60,00±0,00***	106,90±0,89***
Тарзан 8821, n = 9	33,90±1,14	277,30±9,29	501,80±18,27	181,10±3,58	1068,80±55,01	7,01±0,01***	59,33±0,44	105,00±2,45
По выборке, n = 266	33,60±0,27	266,50±1,67	468,70±3,36	176,10±0,87	962,50±11,39	7,07±0,01	59,08±0,08	100,00±0,51

Таблица 6

Оценка линий быков по динамике роста молодняка
Evaluation of bull lines based on the growth dynamics of young animals

Признак	Линия					По выборке, n = 266
	Задорного 1325, n = 86	Замка 3335, n = 32	Короля 13682, n = 74	Пиона 29, n = 59	Смычка 5545к, n = 15	
Живая масса, кг	33,4	33,40	33,70	33,20	35,90	33,6
при рождении	±0,51^{*5}	±0,71^{*5}	±0,48^{*5}	±0,57	±0,88^{*1,2,3}	±0,27
в 8 мес	266,4 ±3,19	274,40 ±5,04^{**4,5}	268,70 ±3,02^{*5}	262,20 ±3,3^{*2}	256,90 ±3,73^{**2,3}	266,5 ±1,67
15 мес	467,00 ±6,01^{***2,5}	489,20 ±9,04^{***1,5}	466,90 ±6,89^{***5}	473,30 ±5,87	425,10 ±10,13^{***1,2,3}	468,7 ±3,36
Относительный прирост с 8 до 15 мес, %	175,60 ±1,43^{*4,5}	178,70 ±2,2^{*5}	173,90 ±1,79^{**4}	180,90 ±1,51^{**1,3}	166,00 ±4,54^{*1,2}	176,1 ±0,87
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес, г	955,20 ±18,75^{***2,5}	1022,90 ±28,56^{***1,3,5}	943,40 ±24,68^{*2,4,5}	1005,20 ±18,27^{*3}	801,30 ±51,36^{***1,2,3}	962,5 ±11,39
Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	7,06 ±0,01^{***2,5}	7,03 ±0,01^{***1,3,4,5}	7,08 ±0,01^{***2,5}	7,06 ±0,01^{*2}	7,14 ±0,02^{***1,2,3}	7,07 ±0,01
Оценка мясных качеств, баллов	59,10 ±0,15^{***5}	59,20 ±0,28^{*5}	59,00 ±0,15^{**5}	59,30 ±0,15	58,10 ±0,3^{**1,2,3}	59,1 ±0,08
Комплексный индекс «Б», %	99,8 ±0,87^{***2,5}	103,00 ±1,30^{***1,3,5}	99,30 ±1,06^{**2,5}	101,60 ±0,84	92,70 ±1,95^{***1,2,3}	100,0 ±0,51

Таблица 7

Результаты однофакторного дисперсионного анализа, %
Results of one-way analysis of variance, %

Показатель	Сила влияния	
	линии	быка-производителя
Живая масса		
при рождении	0,5	0,6
в 8 мес	1,2	4,7
15 мес	5,2	13,0
Относительный прирост с 8 до 15 мес	6,5	7,0
Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес	7,3	19,3
Затраты корма на 1 кг прироста	3,6	8,3
Оценка мясных качеств	2,8	11,4
Комплексный индекс «А»	7,3	15,4

ВЫВОДЫ

1. По результатам оценки бычков, животные селекционной группы показывают высокие продуктивные качества из числа изученных, независимо от того, какой признак принят за базовый.

2. По итогам испытания быков по качеству потомства сыновья Заура 70099, Панкрата 6809, Симонса 6633 имеют достоверное превосходство над сверстниками по живой массе в 15 месяцев, среднесуточному приросту, индексу «Б», а потомство Змея 6851, Сайкса 9211, Командора 9801, Соломона 9231 достоверно уступает сверстникам по изученным ключевым признакам. По итогам оценки быки-производители Заур 70099, Панкрат 6809, Симонс 6633 являются улучшателями и могут быть использованы для повышения продуктивных качеств потомков.

Лучшие показатели по продуктивным качествам имеют быки-производители, относящиеся к линии Замка 3335, животных данной генеалогической структуры следует шире использовать в селекции мясного скота казахской белоголовой породы, а для линии Смычка 5545к необходимо отобрать более эффективных продолжателей.

3. Популяция скота казахской белоголовой породы обладает высоким селекционным потенциалом при разведении по линиям, выделении и использовании в племенной работе селекционных и производственных групп в рамках оценки фенофонда животных, а также оптимальным уровнем генетической изменчивости признаков, выражаемых через оценку быков по качеству потомства и межлинейные различия. Использование представленного варианта оценки селекционного процесса в популяции мясного скота позволяет расставить приоритеты при организации племенной работы с казахской белоголовой породой, направленной на повышение продуктивных качеств животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хозяйственно-полезные* качества новых заводских линий казахской белоголовой породы / В.Д. Крючков, Ш.А. Жузенов, К.К. Бозымов, Е.Г. Насамбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Н. Туменов // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – Т. 1, № 64. – С. 26–33.
2. *Бозымов К.К., Абжанов Р.К., Ахметалиева А.Б.* Генеалогия племенных стад казахской белоголовой породы северного и восточного регионов Казахстана // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (27). – С. 63–66.
3. *Казахская* белоголовая - первая отечественная специализированная порода мясного скота / В.Ю. Хаинацкий, В.А. Гонтюрев, К.М. Джуламанов [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 2. – С. 7–10.
4. *Результаты* оценки быков-производителей казахской белоголовой породы и испытание их потомков по собственной продуктивности/ В.А. Гонтюрев, Ш.А. Макаев, А.П. Искандерова, Е.А. Капица// Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 1 (79). С. 33–37.
5. *Гумеров М.Б., Горелик О.В., Зернина С.Г.* Оценка бычков казахской белоголовой породы по собственной продуктивности // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 51. – С. 139–144.
6. *Шевелёва О.М.* Производственные типы коров и их характеристика // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 10. – С. 182–185.
7. *Пустотина Г.Ф.* Экстерьерно-конституциональные типы симментальского скота в зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – № 1 (5). – С. 112–113.
8. *Попов А.М., Калашников И.А., Насатуев Б.Д.* Рост, развитие и экстерьер молодняка яков разных экстерьерно-конституциональных типов в условиях Бурятии // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2011. – № 4 (25). – С. 47–53.
9. *Кудрин А.Г.* Интерьерная классификация типов конституции у коров черно-пестрой и голштинской пород // Молочнохозяйственный вестник. – 2013. – № 3 (11). – С. 10–15.
10. *Оценка* линий, использованных при внутрипородном подборе, для повышения генетического потенциала казахской белоголовой породы / Н.Н. Козлова, Е.Р. Гостева, С.Н. Замыгин, М.Б. Улимбашев // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 11–16.
11. *Эффективность* выращивания молодняка казахской белоголовой породы разных линий / Ю.Ю. Жаркенова, М.Б. Гумеров, М.Б. Ребезов, С.Ю. Харлап // Молодежь и наука. – 2019. – № 7–8. – С. 48.
12. *Дубовскова М.П.* Новые генотипы казахской белоголовой породы - источник производства высококачественной говядины // Все о мясе. – 2011. – № 1. – С. 11–13.
13. *Особенности* экстерьера и продуктивные качества молодняка различных заводских линий казахской белоголовой породы // Е.Г. Насамбаев, Ю.А. Юлдашбаев, А.Б. Ахметалиева, А.Е. Нугманова, Е.А. Батыргалиев // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 8. – С. 99–102.
14. *Насамбаев Е., Нугманова А.Е., Толеп Т.* Рост и развитие молодняка казахской белоголовой породы различных генотипов // Вестник науки. – 2020. – Т. 1, № 6 (27). – С. 249–263.

15. *Гонтюрев В.А., Макаев Ш.А.* Состояние и дальнейшее направление племенной работы с мясным скотом казахской белоголовой породы // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 4 (87). – С. 39–42.
16. *Ковалева Г.П., Бобрышова Г.Т.* Казахская белоголовая порода мясного скота на Ставрополье // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4 (13). – С. 36–41.
17. *Харченко А.В., Фейзуллаев Ф.Р., Лепёхина Т.В.* Наследуемость мясных качеств коров казахской белоголовой породы // Инновационная наука. – 2022. – № 6–1. – С. 59–61.
18. *Герасимов Р.П.* Взаимосвязь показателей племенной ценности и мясной продуктивности у бычков казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105, № 2. – С. 28–36.
19. *Племенная* и генетическая характеристика стада казахской белоголовой породы / В.А. Гонтюрев, А.П. Искандерова, П.И. Христиановский, А.М. Белоусов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (80). – С. 273–276.
20. *Макаев Ш.А., Ляпин О.А., Тайгузин Р.Ш.* Антигенный фактор животных казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (77). – С. 235–237.
21. *Макаев Ш.А., Ляпин О.А., Тайгузин Р.Ш.* Убойные качества и мясная продуктивность бычков различных генотипов казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 212–217.
22. *Оценка* быков мясных пород по качеству потомства и испытание бычков по интенсивности роста, живой массе, мясным формам: метод. рекомендации / Л.П. Прахов, И.В. Лушников, Д.Г. Савина [и др.]. – М. Агропромиздат, 1990. – 17 с.
23. *Филипченко Ю.А.* Изменчивость и методы изучения / отв. ред. П.Ф. Рокицкий. – Изд. 6-е. – М.: Либроком, 2012. – 232 с.
24. *Плохинский Н.А.* Руководство по биометрии для зоотехников. – М.: Колос, 1969. – 255 с.
25. *Populationsgenetik* für tierzüchter / W. Stalh, D. Rasch, R. Šiler, J. Vahal. – Berlin–Prag, 1969. – 439 s.

REFERENCES

1. Kryuchkov V.D., Zhuzenov Sh.A., Bozymov K.K., Nasambaev E.G., Akhmetalieva A.B., Tumenov A.N., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2011, T. 1, No. 64, pp. 26–33. (In Russ.)
2. Bozymov K.K., Abzhanov R.K., Akhmetalieva A.B., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 3 (27), pp. 63–66. (In Russ.)
3. Khainatskii V.Yu., Gontyurev V.A., Dzhulamanov K.M., Iskanderova A.P., Tyulebaev S.D., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 2, pp. 7–10. (In Russ.)
4. Gontyurev V.A., Makaev Sh.A., Iskanderova A.P., Kapitsa E.A., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2013, No. 1 (79), pp. 33–37. (In Russ.)
5. Gumerov M.B., Gorelik O.V., Zernina S.G., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 51, pp. 139–144. (In Russ.)
6. Sheveleva O.M., *Vestnik KrasGAU*, 2006, No. 10, pp. 182–185. (In Russ.)
7. Pustotina G.F., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2005, No. 1 (5), pp. 112–113. (In Russ.)
8. Popov A.M., Kalashnikov I.A., Nasatuev B.D., *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova*, 2011, No. 4 (25), pp. 47–53. (In Russ.)
9. Kudrin A.G., *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 2013, No. 3 (11), pp. 10–15. (In Russ.)
10. Kozlova N.N., Gosteva E.R., Zamygin S.N., Ulimbashev M.B., *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii*, 2019, T. 8, No. 2, pp. 11–16. (In Russ.)
11. Zharkenova Yu.Yu., Gumerov M.B., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu., *Molodezh' i nauka*, 2019, No. 7–8, pp. 48. (In Russ.)
12. Dubovskova M.P., *Vse o myase*, 2011, No. 1, pp. 11–13. (In Russ.)
13. Nasambaev E.G., Yuldashbaev Yu.A., Akhmetalieva A.B., Nugmanova A.E., Batyrgaliev E.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020, T. 34, No. 8, pp. 99–102. (In Russ.)
14. Nasambaev E., Nugmanova A.E., Tolep T., *Vestnik nauki*, 2020, T. 1, No. 6 (27), pp. 249–263. (In Russ.)
15. Gontyurev V.A., Makaev Sh.A., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2014, No. 4 (87), pp. 39–42. (In Russ.)
16. Kovaleva G.P., Bobryshova G.T., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2020, No. 4 (13), pp. 36–41. (In Russ.)

17. Kharchenko A.V., Feizullaev F.R., Lepekhina T.V., *Innovatsionnaya nauka*, 2022, No. 6–1, pp. 59–61. (In Russ.)
18. Gerasimov R.P., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2022, T. 105, No. 2, pp. 28–36. (In Russ.)
19. Gontyurev V.A., Iskanderova A.P., Khristianovskii P.I., Belousov A.M., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 6 (80), pp. 273–276. (In Russ.)
20. Makaev Sh.A., Lyapin O.A., Taiguzin R.Sh., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 3 (77), pp. 235–237. (In Russ.)
21. Makaev Sh.A., Lyapin O.A., Taiguzin R.Sh., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 2 (82), pp. 212–217. (In Russ.)
22. Prakhov L.P., Lushnikov I.V., Savina D.G. i dr., *Otsenka bykov myasnykh porod po kachestvu potomstva i ispytanie bychkov po intensivnosti rosta, zhivoi masse, myasnym formam* (Evaluation of bulls of meat breeds for the quality of offspring and testing of bulls for growth intensity, live weight, meat forms), Moscow: Agropromizdat, 1990, 17 p.
23. Filipchenko Yu.A., *Izmenchivost' i metody izucheniya* (Variability and study methods), Moscow: Librokom, 2012, 232 p.
24. Plokhinskii N.A., *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* (A Guide to Biometrics for Animal Scientists), Moscow: Kolos, 1969, 255 p.
25. Stalh W., Rasch D., Šiler R., Vahal J., *Populationsgenetik für tierzüchter*, Berlin-Prag, 1969,439 p.

УДК 636:577:118:546.56
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-173-185

МЕЖВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ МЕДИ В СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

О.А. Зайко, кандидат биологических наук
Т.В. Коновалова, старший преподаватель
О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор
В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор
О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент
Е.Е. Глущенко, кандидат ветеринарных наук
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Ключевые слова: медь, крупный рогатый скот, овцы, свиньи, яки, мышцы, межвидовые различия.

Реферат. *Приведены результаты исследования уровня меди в скелетной мускулатуре крупного рогатого скота, овец, свиней и яков, которое проведено на клинически здоровых животных, выращенных в сибирском регионе. Условия содержания животных соответствовали типовым в зависимости от вида. Элементный анализ проб мышечной ткани выполнялся с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой. Обработку данных проводили с использованием Microsoft Office Excel и языка программирования R в среде анализа данных RStudio версии 2023.03.1 (RStudio, PBC). Распределение в большинстве случаев не соответствовало нормальному, дисперсии не гомогенны. На основании среднего значения и медианы установлен убывающий ранжированный ряд содержания меди в ткани: крупный рогатый скот < яки < овцы < свиньи, в числовом выражении по медиане: 1,57 : 1,29 : 1,02 : 1,0. Медианы для меди у крупного рогатого скота, яков, овец и свиней составили 1,40; 1,15; 0,024; 0,91; 0,89 мг/кг соответственно, референсные интервалы – 0,40–2,13; 0,30–2,16; 0,39–1,43 и 0,28–1,47 мг/кг. Самый значительный размах изменчивости, на основании среднеквадратического отклонения и соотношения крайних вариант, характерен для крупного рогатого скота. На основании критерия Краскела-Уоллиса установлено, что аккумуляция меди в мышцах значимо различается между видами ($H = 18,277$, $df = 3$, $p < 0,001$). Попарное сравнение показало значимые отличия в парах «крупный рогатый скот – свиньи», «крупный рогатый скот – овцы» и «свиньи – яки». Выделены два кластера по схожести накопления меди: крупный рогатый скот – яки и овцы – свиньи. Полученные результаты могут служить примерной физиологической нормой концентрации меди в скелетной мускулатуре животных разных видов и подтверждают влияние генотипа на кумулятивные способности организма.*

INTERSPECIFIC FEATURES OF COPPER ACCUMULATION AND VARIABILITY IN THE SKELETAL MUSCLE OF FARM ANIMALS

O.A. Zayko, PhD in Biological Sciences
T.V. Konovalova, Senior Lecturer
O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor
V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor
O.I. Sebezhko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
E.E. Glushchenko, PhD in Veterinary Sciences
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: copper, cattle, sheep, pigs, yaks, muscles, interspecies differences.

Abstract. *The results of a study of copper levels in the skeletal muscles of cattle, sheep, pigs and yaks, carried out on clinically healthy animals raised in the Siberian region, are presented. The living conditions of the animals corresponded to the standard ones depending on the species. Elemental analysis of muscle tissue samples was performed using inductively coupled plasma atomic emission spectral analysis. Data processing was done using Microsoft Office Excel and the R programming language in the data analysis environment RStudio version*

2023.03.1 (RStudio, PBC). In most cases, the distribution did not correspond to normal, and the variances were not homogeneous. Based on the average value and median, a descending ranked series of copper content in tissue was established: cattle < yaks < sheep < pigs, in numerical terms based on the median: 1.57: 1.29: 1.02: 1.0. The medians for copper in cattle, yaks, sheep and pigs were 1.40; 1.15; 0.024; 0.91; 0.89 mg/kg, respectively, reference intervals are 0.40–2.13, 0.30–2.16, 0.39–1.43 and 0.28–1.47 mg/kg. The most significant range of variability, based on the standard deviation and the ratio of extreme variants, is characteristic of cattle. Based on the Kruskal-Walli's test, muscle copper accumulation differed significantly between species (H = 18.277, df = 3, p < 0.001). Pairwise comparison showed significant differences in the pairs "cattle – pigs", "cattle – sheep" and "pigs – yaks". Two clusters were identified based on the similarity of copper accumulation: cattle - yaks and sheep - pigs. The results can serve as an approximate physiological norm for the concentration of copper in the skeletal muscles of animals of different species and confirm the genotype's influence on the organism's cumulative abilities.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ каждый гражданин Российской Федерации должен иметь доступ к безопасным продуктам питания с высоким качеством для обеспечения жизни и здоровья. В документе декларируется необходимость проведения фундаментальных и прикладных научных исследований, в том числе в медико-биологической сфере, в отношении безопасности продовольствия, увеличения производства обогащенных, специальных, диетических пищевых продуктов, осуществления постоянного мониторинга, прогнозирования и контроля в области продовольственной безопасности [1].

Продукты животного происхождения представляют собой значимый источник широкого спектра микроэлементов в рационе человека [2]. Особенно ценными считаются железо, медь, цинк, марганец, селен, кобальт и хром [3]. При этом концентрации минеральных веществ в организме сельскохозяйственных животных должны обеспечивать их здоровье и быть адекватными в получаемых продуктах, что затруднительно по причине непостоянных потребностей и изменений в зависимости от множества физиологических составляющих, начиная от вида, возраста и других факторов [4]. Это является обоснованной причиной непрерывного мониторинга химического состава сельскохозяйственного сырья, который может отразиться функционально на организме животных и человека с последующими нарушениями, вплоть до возникновения разнообразных заболеваний [5, 6].

Медь является важнейшим для организма химическим элементом, обладающим окислительно-восстановительным потенциалом, что необходимо многим ферментам, связывающим этот микроэлемент с митохондриальным дыханием, антиоксидантной защитой и образованием нейромедиаторов [7–9].

Научно-исследовательские программы в макрорегионах должны предусматривать углубленное изучение объектов живой и неживой природы для оценки изменения тенденций, диагностики угроз, влияния на здоровье людей, своевременного принятия решений, выработки регулирующих действий [10]. В некоторых регионах Западной Сибири выполняется комплексный экологический мониторинг [11, 12] и изучение генофонда и фенофонда пород и видов сельскохозяйственных животных [13–15]. В том числе оценивается интерьер сельскохозяйственных животных в отношении химического статуса и других групп показателей [16–19].

Цель исследования состояла в оценке влияния генофонда разных видов на содержание меди в скелетной мускулатуре сельскохозяйственных животных.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использовались четыре видовые группы из отряда парнокопытные: свиньи, крупный рогатый скот, овцы и яки. Все животные выращены на территории Сибирского федерального округа, отбирались случайным образом, на основании принципа аналогов, учитывая их происхождение, пол, возраст и живую массу.

Свиньи происходили из крупных свиноводческих хозяйств, их откорм выполнялся до 100 кг, возраст перед убоем составлял ориентировочно 150–160 дней. Содержание было типовым для мясного откорма, соответствовало ГОСТ 28839-2017. Крмление осуществлялось стандартными, сбалансированными по питатель-

ной, минеральной и витаминной составляющей полнорационными комбикормами, соответствовало этапу откорма. Контроль их качества в отношении гарантированных и дополнительных показателей выполнялся в соответствии с ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ Р 51850-2001. Количество меди, учитывая увеличение живой массы свиней, составляло 19–38 мг в сутки на одно животное.

Бычки до 6 месяцев содержались в соответствии с технологией молочного скотоводства, в дальнейшем доращивались и откармливались групповым способом на глубокой несменяемой соломенной подстилке в условиях молочного комплекса до возраста 13–15 месяцев, руководствуясь зоогигиеническими и ветеринарно-санитарными требованиями для крупного рогатого скота из ветеринарных правил по содержанию данного вида животных. Кормление было полноценным, нормированным, фронт кормления и поения, показатели микроклимата – типовыми в видовом и возрастном отношении. Рационы зависели от возраста и живой массы бычков. Количество меди в рационе было в пределах 35–70 мг в сутки на голову в зависимости от живой массы животных.

Овцы были выращены с использованием пастбищно-стойловой системы при соблюдении ветеринарных правил содержания овец. Уровень меди в рационе животных составлял от 7 до 10 мг/кг, учитывалось также содержание молибдена и соотношение этих микроэлементов.

Полновозрастные яки выращены в яководческом хозяйстве, содержались в гуртах, круглогодично были на подножном корме в высокогорных условиях условно экологически безопасной зоны.

Поение животных выполнялось водой второго класса, полученной из хозяйственно-питьевого источника. Овец на пастбище и яков поили из естественных быстротекущих водоемов.

Все животные были клинически здоровыми, в анамнезе отсутствовали перенесенные заболевания любого генеза. Убой животных выполнялся на основании ГОСТ 31476-2012, ГОСТ 34120-2017, ГОСТ 31777-2012, ГОСТ 16020-70, действующих технологических инструкций к ним, соответствующих технических регламентов (ТР ТС 034/2013, ТР ТС 021/2011), приказа Минсельхоза России от 12.03.2014 № 72.

Все животные были обеспечены необходимыми санитарно-гигиеническими и зооветеринарными мероприятиями с целью профилактики заболеваний на основании соответствующих планов в зависимости от вида.

На территориях, где выращивались животные, выполнялся комплексный экомониторинг, подразумевающий, в том числе, оценку содержания тяжелых металлов в образцах воды, почвы и других составляющих пищевых цепочек исследуемых видов. Отклонения не были выявлены [20–27].

Предметом исследования служила скелетная мускулатура. Общее количество проб ткани составило 130. В каждом случае отбирали освобожденные от видимых жировых и соединительнотканных структур образцы массой около 100 г каждый. Индивидуально упакованные пробы хранились в зип-лок пакетах в морозильной камере при температуре -24°С до выполнения анализа. Непосредственно микроэлементное исследование проводилось последовательно после размораживания и гомогенизации. Использовался атомно-эмиссионный спектральный анализ с индуктивно-связанной плазмой на приборе iCAP-PRO (Thermo Fisher Scientific) с индексом способа обзора плазмы Duo в аналитическом центре коллективного пользования Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН. Пробоподготовка состояла из автоклавирования навески 2 г с 2 мл концентрированной азотной кислоты квалификации «особо чистый», температурный режим 80–100 °С в течение 1 ч; внесения 5 мл перекиси водорода квалификации не ниже «химически чистый» и автоклавирования при температуре 200 °С еще в течение 1 ч. Полностью остывшее содержимое переносили в пластиковую пробирку объемом 50 мл и разбавляли до метки 20 мл дистиллированной водой, перемешивали. Для аппаратного анализа использовалась аликвота. Внутренним стандартом выступал скандий.

Данные обрабатывали с использованием ПО Microsoft Office Excel, языка программирования R и среды анализа данных RStudio версии 2023.03.1 (RStudio, PBC). Вычисляли среднее арифметическое, ошибку среднего арифметического, медиану, среднеквадратическое отклонение, первый и третий квартили, интерквартильный размах, максимальное и минимальное значение содержания меди в

скелетной мускулатуре, отношение крайних вариант как результат деления максимального значения на минимальное. Для оценки характера распределения оценивали несколько критериев (сопоставление средней арифметической и медианы, коэффициент асимметрии и его ошибку, коэффициент эксцесса и его ошибку, критерий Шапиро-Уилка, нормальные вероятностные графики, ящичковые диаграммы). Гомогенность дисперсий проверяли критерием Флигнера-Килина.

Дисперсионный анализ для определения различий между видами животных осуществлялся с помощью непараметрического критерия Краскела-Уоллиса, попарное сравнение – апостериорным тестом Данна с поправкой Холма. Эти тесты принимались статистически значимыми при $p<0,05$. Для выявления видов с близким уровнем аккумуляции меди в скелетной мускулатуре использовался кластерный анализ методом Варда, метрикой расстояний было манхэттенское расстояние, строилась дендрограмма.

Референсные интервалы (РИ) рассчитывали, пользуясь рекомендациями Института клинических и лабораторных стандартов, Руководства по определению референсных интервалов в ветеринарии и ГОСТ Р 53022.3-2008, методом bootstrap [28, 29] с помощью пакета referenceIntervals. Диапазоны РИ представляли с 90%-ми доверительными интервалами (ДИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее действующие санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 о гигиенических требованиях к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов, руководствующиеся законом РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», регламентировали уровень меди в мясе всех видов убойных, промысловых и диких животных на уровне не более 5 мг/кг. На данный момент этот нормативный правовой акт не действует, а актуальный Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» в мясе и мясопродуктах ограничивает только количество свинца, мышьяка, кадмия, ртути, олова и хрома.

Законодательно в Европейском союзе до сих пор не установлены максимальные значения для железа, меди и цинка ни в одном виде пищевых продуктов [30], предположительно, по этой причине из российских нормативных правовых актов исчезли некоторые ранее обозначенные значения, что предполагает продолжение исследований в этом направлении.

Концентрацию меди в скелетной мускулатуре различных видов животных оценивали на нормальность распределения рядом тестов. Ни в одном из случаев гипотеза о нормальности не была подтверждена всеми методами, но в соответствии с тестом Шапиро-Уилка для свиней и овец W-критерий равнялся 0,95 ($p>0,05$) и 0,93 ($p>0,05$) соответственно. Дисперсии были оценены как негомоскедастичные ($p<0,05$). В соответствии с этим общепринятые показатели описательной статистики были дополнены робастными.

Исследования о содержании меди в скелетной мускулатуре сельскохозяйственных животных, выращиваемых в сибирском регионе, как источнике полноценного белка, ограничены. Основные характеристики этого интерьерного показателя в зависимости от вида животных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание меди в скелетной мускулатуре различных видов животных, мг/кг
Copper content in skeletal musculature of different animal species, mg/kg

Виды животных	n	$\overline{x} \pm S\overline{x}$	Me
Свиньи	45	0,93 ± 0,05	0,89
Крупный рогатый скот	45	1,30 ± 0,07	1,40
Овцы	20	0,99 ± 0,07	0,91
Яки	20	1,24 ± 0,09	1,15

Максимальный уровень рассматриваемого металла зарегистрирован в мышечной ткани крупного рогатого скота. Несколько меньшее значение средней и медианы характерно для яков. В целом ранжированный видовой ряд выглядит следующим образом: крупный рогатый скот < яки < овцы < свиньи. У свиней, учитывая медиану, уровень меди был в 1,6 раза ниже, чем у крупного рогатого скота, и в 1,3 – чем в скелетных мышцах яков. Полный ранжированный ряд, где медиана концентрации меди в мышцах свиней принята за единицу, выглядит так: 1,57 : 1,29 : 1,02 : 1,0.

Верхний предел допустимого диапазона перорального приема меди для взрослых людей является неопределенным, но, скорее всего, составляет около 2–3 мг в сутки [31]. Установлены потребности в микроэлементе для человека от 900 до 1700 мкг в сутки в зависимости от пола. В Российской Федерации стандарты питания отсутствуют, так как считается, что развивающиеся страны в большей степени обеспокоены решением более крупных проблем биодоступности, переедания и недостаточного питания [32]. Установленные нами значения для мышечной ткани как будущего сырья или непосредственного продукта питания соотносятся с представленными интервалами, не вызывая опасности избытка данного микроэлемента, указывая на необходимость его получения из других компонентов рациона.

Важной характеристикой служат показатели изменчивости признака. Отдельные из них для содержания меди в мышечной ткани животных представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели изменчивости меди в мышечной ткани различных видов животных
Indicators of copper variability in muscle tissue of different animal species

Виды животных	n	σ	Q1	Q3	IQR	lim	Отношение крайних вариант
Свиньи	45	0,33	0,72	1,10	0,38	0,40–1,70	1 : 4,3
Крупный рогатый скот	45	0,48	0,89	1,60	0,71	0,55–2,90	1 : 5,3
Овцы	20	0,30	0,84	1,20	0,37	0,43–1,60	1 : 3,7
Яки	20	0,42	0,85	1,65	0,80	0,70–1,90	1 : 2,7

Изменчивость уровня меди была относительно однородной. Самый значительный интерквартильный размах характерен для яков, а наименьший – для овец. Для крупного рогатого скота отмечено самое высокое соотношение крайних вариант, что характеризует выраженное различие содержания рассматриваемого элемента в скелетной мускулатуре данного вида сельскохозяйственных животных. Необходимо также отметить отсутствие резкой разницы между минимальными и максимальными значениями во всех группах, задействованных в исследовании.

Размах изменчивости концентрации меди в рассматриваемой ткани представлен на рис. 1. Похожими диапазонами варьирования отличаются такие пары, как крупный рогатый скот и яки, свиньи и овцы. Большая консолидация свойственна второй паре. В случае овец и яков на размах изменчивости влияет преобладание в данных выборках более высоких концентраций меди.

Отсутствие гомогенности дисперсий и соответствия распределения в группах гауссовскому явились основанием для использования критерия Краскела-Уоллиса для оценки влияния видовой принадлежности на содержание меди в мышечной ткани животных. Установлено, что межвидовые различия по уровню меди существуют ($H = 18{,}277$, $df = 3$, $p < 0{,}001$). Апостериорное сравнение показало наличие значимых различий в некоторых парах (табл. 3).

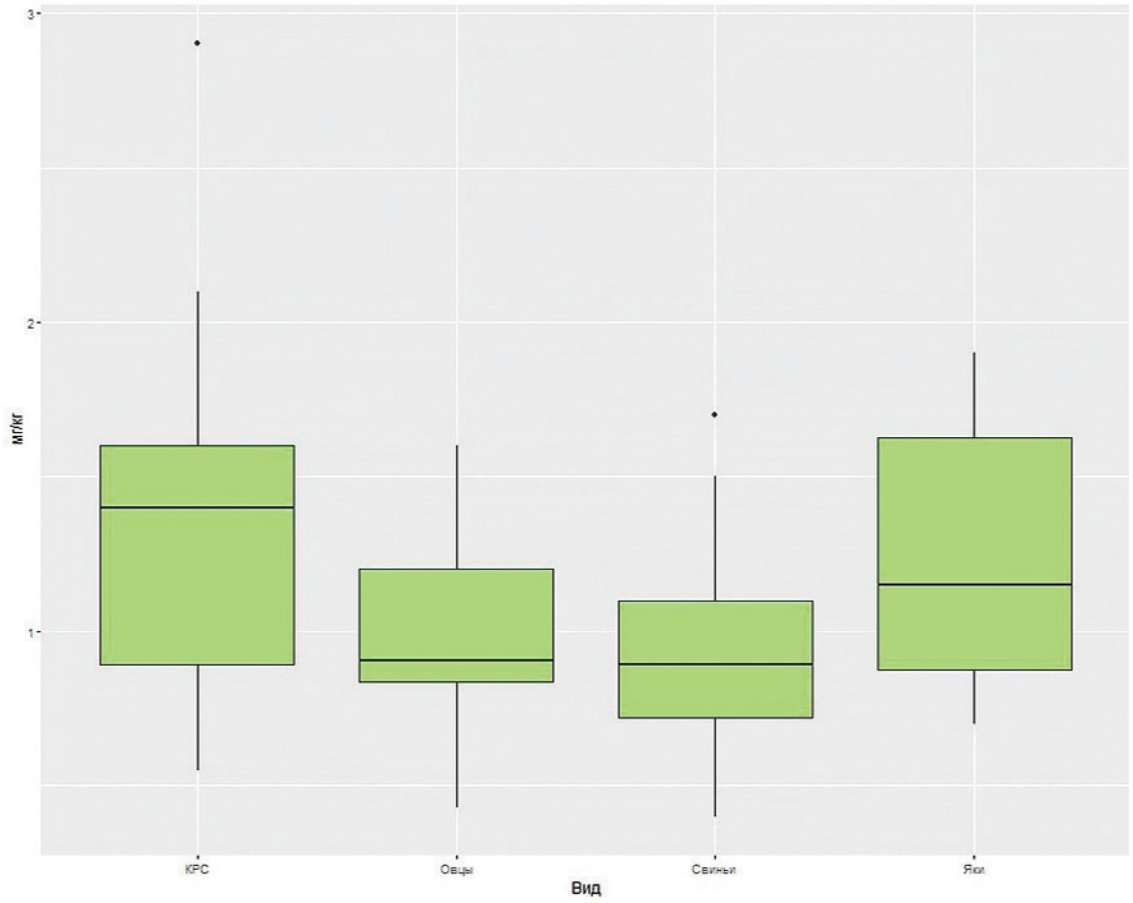


Рис. 1. Размах уровня меди в скелетной мускулатуре различных видов животных
The range of copper levels in skeletal musculature of different animal species

Таблица 3

Результаты апостериорного анализа уровня меди в скелетной мускулатуре различных видов животных
Results of a posteriori analysis of copper levels in the skeletal muscles of different animal species

Виды животных	Z-критерий	p
Крупный рогатый скот – свиньи	3,936	0,0002*
Крупный рогатый скот – овцы	2,451	0,0285*
Крупный рогатый скот – яки	0,491	0,3118
Свиньи – яки	-2,597	0,0235*
Свиньи – овцы	-0,637	0,5241
Овцы – яки	-1,666	0,1437

Группы «крупный рогатый скот – свиньи», «крупный рогатый скот – овцы» и «свиньи – яки» значимо отличались по содержанию меди в скелетной мускулатуре в парах. Аккумуляция микроэлемента в мускулатуре крупного рогатого скота потенциально выше примерно в 1,5 раза, чем в этой же ткани свиней и овец.

Кластерный анализ показал более высокое фенотипическое сходство по накоплению меди в мышечной ткани в парах «крупный рогатый скот – яки» и «овцы – свиньи» (рис. 2). Каждая пара объединена в один для нее кластер. Для крупного рогатого скота и яков характерна более высокая фенотипическая дистанция, что свидетельствует об их отличии от двух осталь-

ных видов. Полученные результаты логичны, так как крупный рогатый скот и яки относятся к одному роду и имеют большую схожесть в генетическом и физиологическом плане.

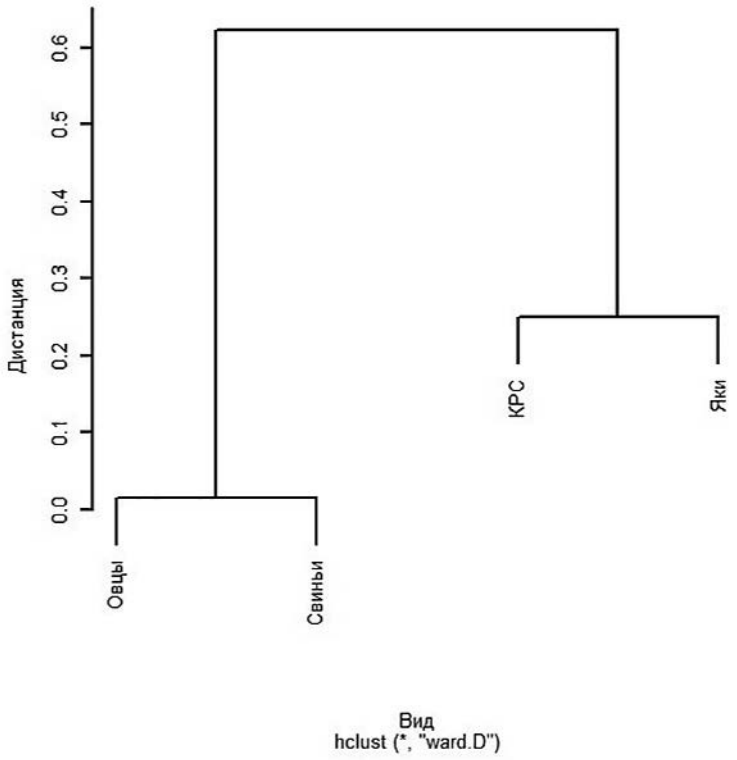


Рис. 2. Кластеризация некоторых видов животных в соответствии с содержанием меди в мышечной ткани
Clustering of some animal species according to the copper content in muscle tissue

На основании исследований необходимо разрабатывать физиологически допустимые нормы содержания экологически значимых тяжелых металлов в органах и тканях животных как потенциальной животноводческой продукции и соотносить их с возможными объемами поступления в организм человека [33–35]. В данном исследовании после обнаружения статистически значимых межвидовых различий в аккумуляции меди в скелетной мускулатуре рассчитаны предварительные референсные интервалы для выбранных видов животных (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Референсные интервалы концентрации меди в мышечной ткани животных с 90%-м ДИ, мг/кг
Reference intervals of copper concentration in animal muscle tissue with 90% confidence intervals, mg/kg

Виды животных	Референсный интервал	Нижний предел 90%-го ДИ	Верхний предел 90%-го ДИ
Свиньи	0,28 – 1,47	0,17 – 0,39	1,32 – 1,61
Крупный рогатый скот	0,40 – 2,13	0,16 – 0,58	1,97 – 2,32
Овцы	0,39 – 1,43	0,26 – 0,60	1,21 – 1,67
Яки	0,30 – 2,16	0 – 0,53	1,77 – 2,41

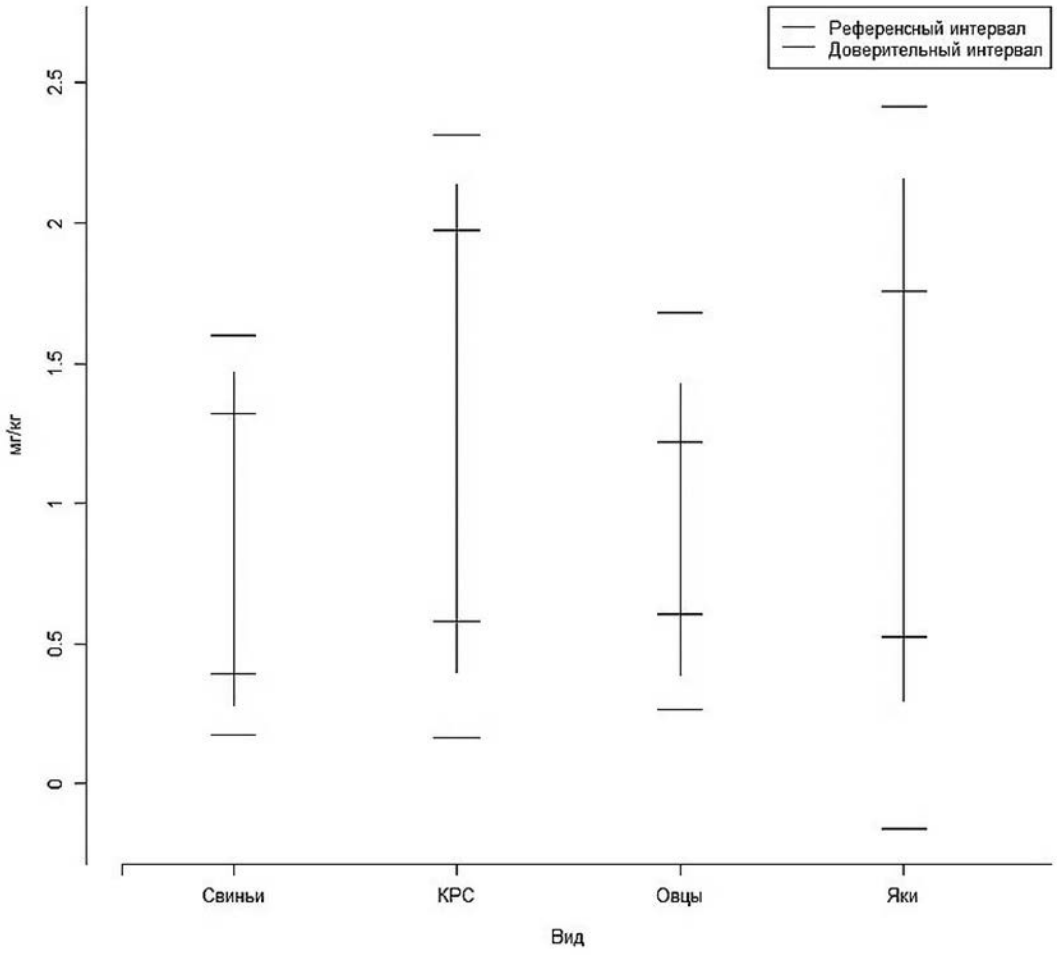


Рис. 3. Референсные интервалы содержания меди в мышечной ткани животных
Reference intervals of copper concentration in animal muscle tissue, mg/kg

В связи с более высокой изменчивостью уровня меди в мышечной ткани крупного рогатого скота и яков РИ для этих групп значительно шире, чем для оставшихся видов. Для яков характерны значительные доверительные границы верхних и нижних референсных интервалов, что связано с количеством наблюдений. Необходимо продолжить исследования с целью увеличения точности референсных границ, увеличив выборки.

Наравне с экологическими проблемами благополучие животных и безопасность пищевых продуктов становятся все более важными вопросами для человечества [36, 37]. Мясо является значимым источником микроэлементов для человека в связи с более высокой их концентрацией в сравнении с другими продуктами питания. Кроме того, оно отличается лучшей биодоступностью некоторых химических элементов, включая медь [38–40], однако считается, что на протяжении значимого промежутка времени наблюдается существенное снижение концентрации меди в мясе (–55%) [41].

M. Juárez с соавторами [42] приводят диапазоны содержания меди в мясе крупного рогатого скота, овец и свиней, которые равны соответственно 0,4–14,0; 0,3–5,9 и 0,3–1,3 мг/кг. Необходимо отметить, что все нижние границы близко соотносятся с полученными нами референсными интервалами, а верхние значительно больше для первых двух видов и фактически идентичны с нашими данными для овец. Подобная информация по якам ограниченна. Е.Е. Кузьминой с соавторами [43] установлено среднее содержание меди в мышцах яков из Республики Тыва, которое составило 2,98 мг/кг. Б.О. Инербаевым [44] определено, что для яков алтайской популяции эта характеристика равнялась 1,5 мг/кг.

Обмен меди в организме животных по-разному регулируется печенью, и на фоне несколько разного количества микроэлемента в корме концентрация её в мышечной ткани может не зависеть от последнего фактора [45–47]. Наши данные подтверждают, что существует вариабельность в полноценности состава красного мяса из-за видовых различий. В целом важно сложное взаимодействие генетических, физиологических особенностей животных и производственной среды [42].

ВЫВОДЫ

1. Выполнена оценка фенофонда клинически здорового крупного рогатого скота, яков, овец и свиней по концентрации и изменчивости меди в скелетной мускулатуре, медианы равнялись соответственно 1,40; 1,15; 0,91 и 0,89 мг/кг в соотношении 1,57 : 1,29 : 1,02 : 1,0. Изменчивость уровня меди среди разных видов животных была достаточно однородной.

2. Определены референсные интервалы для крупного рогатого скота (0,40–2,13 мг/кг), яков (0,30–2,16 мг/кг), овец (0,39–1,43 мг/кг) и свиней (0,28–1,47 мг/кг), что актуально для оценки интерьера животных в условиях сибирского региона.

3. Установлено влияние генофонда видов сельскохозяйственных животных на аккумуляцию меди ($H = 18{,}277$, $df = 3$, $p < 0{,}001$) в парах «крупный рогатый скот – свиньи» (Z statistic = 3,936, p = 0,0002), «крупный рогатый скот – овцы» (Z statistic = 2,451, p = 0,0285), «свиньи – яки» (Z statistic = -2,597, p = 0,0235).

4. Выделено два кластера сходства видов по особенностям содержания меди в скелетной мускулатуре: крупный рогатый скот – яки и овцы – свиньи. Первый кластер отличается более высоким накоплением микроэлемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Доктрина* продовольственной безопасности Российской Федерации: утв. Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 25 с.
2. *Trace* element concentrations in beef cattle related to the breed aptitude / V. Pereira, P. Carbajales, M. López-Alonso, M. Miranda // Biological Trace Element Research. – 2018. – Vol. 186(1). – P. 135–142.
3. *Korish M.A., Attia Y.A.* Evaluation of heavy metal content in feed, litter, meat, meat products, liver, and table eggs of chickens // Animals. – 2020. – Vol. 10 (4). – P. 727.
4. *Spears J.W.* Overview of mineral nutrition in cattle: the dairy and beef NRC // 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. – 2002. – P. 113–126.
5. *Bhattacharya P.T., Misra S.R., Hussain M.* Nutritional aspects of essential trace elements in oral health and disease: an extensive review // Scientifica (Cairo). – 2016. – Vol. 2016. – P. 5464373.
6. *Zofkova I., Davis M., Blahos J.* Trace elements have beneficial, as well as detrimental effects on bone homeostasis // Physiological Research. – 2017. – Vol. 66 (3). – P. 391–402.
7. *Copper* deficiency: causes, manifestations, and treatment / M. Altarelli, N. Ben-Hamouda, A. Schneider, M.M. Berger // Nutrition in Clinical Practice. – 2019. – Vol. 34 (4). – P. 504–513.
8. *Arredondo M., González M., Latorre M.* Copper // Trace Elements and Minerals in Health and Longevity. – 2018. – Vol. 8. – P. 35–62.
9. *Tsuji P.A., Canter J.A., Rosso L.E.* Trace minerals and trace elements // Encyclopedia of Food and Health: Academic Press. – Waltham, 2016. – P. 331–338.
10. *Revich B.A.* Population health risks in the chemical pollution hotspots of the arctic macroregion // Studies on Russian Economic Development. – 2020. – Vol. 31. – P. 238–244.
11. *Heavy* metals in pig muscles / O.A. Zaiko, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova [et al.] // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. – Guiyang, China: University of Guiyang, 2014. – P. 76.
12. *Lead* content in bristle in aboriginal pigs of Siberia / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, T.V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38(3). – P. 150.
13. *Генофонд* и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Прометей, 2012. – 579 с.
14. *Генофонд* скороспелой мясной породы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: Юпитер, 2005. – 631 с.

15. *Черно-пестрый* скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич [и др.]; Новосиб. гос. аграр. ун-т, НИИ вет. генетики и селекции. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2012. – 500 с.
16. *Зайко О.А.* Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 183 с.
17. *Межвидовые* различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5815-5819.
18. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. … канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.
19. *Manganese* content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia / K.N. Narozhnykh, O.I. Sebezhko, T.V. Konovalova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38(3). – P. 149.
20. *Макро-* и микроэлементы в почвах и кормовых травах прифермерских полей Барнаульского Приобья / А.И. Сысо, М.А. Лебедева, С.А. Худяев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 3 (44). – С. 54–61.
21. *Сысо А.И.* Тяжёлые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку // Агрохимия в XXI веке: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти акад. РАН В.Г. Минеева. – М., 2018. – С. 30–33.
22. *Элементный* статус крови крупного рогатого скота голштинской породы в биогеохимических условиях Кемеровской области / Н.И. Шишин, О.И. Себежко, Ю.И. Федяев [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. –№ 3 (44). – С. 70–79.
23. *Comparative* assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44(3). – P. 662–666.
24. *Direct* determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9, N 6. – P. 958–964.
25. *Ecological* and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] / Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.
26. *Influence* of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, R.B. Chysyma [et al.] //Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Vol. 9(9). – P. 1530.
27. *Lead* content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2018. – Vol. 45(4). – P. 866–871.
28. *Gary L.* Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory, 3th ed. – Wayne, USA: CLSI, 2010. – 59 p.
29. *Guidelines* for the determination of reference intervals (RI) in veterinary species // ASVCP: [сайт]. – URL: https://www.asvcp.org/resource/resmgr/QALS/Other_Publications/RI_Guidelines_For_ASVCP_webs.pdf (дата обращения: 11.09.2023).
30. *Determination* of sensory properties and levels of trace elements during storage of canned meat products / B. Stojanović, D. Vasilev, Z. Stojanović [et al.] // Journal of Food Processing and Preservation. – 2021. – Vol. 45(3). – P. e15278.
31. *World* Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda. – World Health Organization, 2022.
32. *Global* diversity of dietary intakes and standards for zinc, iron, and copper / J.H. Freeland-Graves, P.K. Sachdev, A.Z. Binderberger, M.E. Sosanya // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2020. – Vol. 61. – P. 126515.
33. *Нарожных К.Н.* Влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 5. – С. 83–90.

34. *Закономерности* аккумуляции кадмия в органах и щетине свиней кемеровской породы / А.В. Назаренко, О.А. Зайко, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1(66). – С. 140–149.
35. *Нарожных К.Н.* Референсные интервалы концентрации микроэлементов в семенниках крупного рогатого скота с учетом паратипических факторов // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 6 (195). – С. 138–144.
36. *Alonso M.E., González-Montaña J.R., Lomillos J.M.* Consumers' concerns and perceptions of farm animal welfare // Animals. – 2020. – Vol. 10 (3). – P. 385.
37. *Consumer* interest in environmental impact, safety, health and animal welfare aspects of modern pig production: Results of a cross-national choice experiment / K.G. Grunert, W.I. Sonntag, V. Glanz-Chanos, S. Forum // Meat science. – 2018. – Vol. 137. – P. 123–129.
38. *Bioaccessibility* of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, and crude protein in beef, pork and chicken after thermal processing / E.A. Menezes, A.F. Oliveira, C.J. França [et al.] // Food chemistry. – 2018. – Vol. 240. – P. 75–83.
39. *Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B.* Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // Meat science. – 2013. – Vol. 93 (3). – P. 586–592.
40. *Bohrer B.M.* Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 65. – P. 103–112.
41. *Thomas D.* The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940–2002)–a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson // Nutrition and Health. – 2007. – Vol. 19 (1-2). – P. 21–55.
42. *Enhancing* the nutritional value of red meat through genetic and feeding strategies / M. Juárez, S. Lam, B.M. Bohrer [et al.] // Foods. – 2021. – Vol. 10(4). – P. 872.
43. *Кузьмина Е.Е., Чысыма Р.Б., Короткевич О.С.* Содержание тяжелых металлов в органах и тканях яков в хозяйствах Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 2 (182). – С. 72–77.
44. *Инербаев Б.О., Храмцова И.А., Инербаева А.Т.* Характеристика мяса яков и разработанных варено-копченых изделий // Инновации и продовольственная безопасность. – 2022. – № 4(38). – С. 15–22.
45. *Wilkinson J.M., Hill J., Livesey C.T.* Accumulation of potentially toxic elements in the body tissues of sheep grazed on grassland given repeated applications of sewage sludge //Animal Science. – 2001. – Vol. 72 (1). – P. 179–190.
46. *Effects* of dietary copper source and level on performance, carcass characteristics and lipid metabolism in lambs / J. Cheng, C. Fan, W. Zhang [et al.] // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2008. – Vol. 21(5). – P. 685–691.
47. *Evaluation* of dietary synbiotic supplementation on growth performance, muscle antioxidant ability and mineral accumulations, and meat quality in late-finishing pigs / Y.F. Cheng, Y.P. Chen, M.F. Du [et al.] // Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. – 2018. – Vol. 24(5). – P. 673–679.

REFERENCES

1. *Doktrina prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii* (The Doctrine of Food Security of the Russian Federation) (utv. Ukazom Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 21.01.2020 g. № 20), Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020, 25 p. (In Russ.)
2. Pereira V., Carbajales P., López-Alonso M., Miranda M., Trace element concentrations in beef cattle related to the breed aptitude, *Biological Trace Element Research*, 2018, Vol. 186 (1), pp. 135–142.
3. Korish M.A., Attia Y.A., Evaluation of heavy metal content in feed, litter, meat, meat products, liver, and table eggs of chickens, *Animals*, 2020, Vol. 10 (4), pp. 727.
4. Spears J.W., Overview of mineral nutrition in cattle: the dairy and beef NRC, *13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*, 2002, pp. 113–126.
5. Bhattacharya P.T., Misra S.R., Hussain M., Nutritional aspects of essential trace elements in oral health and disease: an extensive review, *Scientifica (Cairo)*, 2016, Vol. 2016, pp. 5464373.
6. Zofkova I., Davis M., Blahos J., Trace elements have beneficial, as well as detrimental effects on bone homeostasis, *Physiological Research*, 2017, Vol. 66 (3), pp. 391–402.
7. Altarelli M., Ben-Hamouda N., Schneider A., Berger M.M., Copper deficiency: causes, manifestations, and treatment, *Nutrition in Clinical Practice*, 2019, Vol. 34 (4), pp. 504–513.
8. Arredondo M., González M., Latorre M., Copper, *Trace Elements and Minerals in Health and Longevity*, 2018, Vol. 8, pp. 35–62.

9. Tsuji P.A., Canter J.A., Rosso L.E., Trace minerals and trace elements, Encyclopedia of Food and Health: Academic Press, *Waltham*, 2016, pp. 331–338.
10. Revich B.A., Population health risks in the chemical pollution hotspots of the arctic macroregion, *Studies on Russian Economic Development*, 2020, Vol. 31, pp. 238–244.
11. Zaiko O.A., Petukhov V.L., Konovalova T.V. [et al.], Heavy metals in pig muscles, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*, Guiyang, China: University of Guiyang, 2014, pp. 76.
12. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. [et al.], Lead content in bristle in aboriginal pigs of Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38 (3), p. 150.
13. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Fridcher A.A., *Genofond i fenofond sibirskoi severnoi porody i cherno-pestroi porodnoi gruppy svinei* (Gene pool and phenofund of Siberian Northern breed and black-and-white breed group of pigs), Novosibirsk: Prometei, 2012, 579 p.
14. Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Fridcher A.A., Gart V.V., Kamaldinov E.V., Kochneva M.L., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A., *Genofond skorospeloi myasnoi porody svinei* (Gene pool of precocious meat breed of pigs), Novosibirsk: Yupiter, 2005, 631 p.
15. Zheltikov A.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kostomakhin N.M., Soloshenko V.A., Klimenok I.I., Ufimtseva N.S., Adushinov D.S., Golubkov A.I., Kuznetsov A.I., Kamaldinov E.V., *Cherno-pestryi skot Sibiri* (Black-and-white cattle of Siberia), Novosibirsk: Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2012, 500 p.
16. Zaiko O.A., *Izmenchivost` i korrelyacii ximicheskix e`lementov v organax i tkanyax svinej skorospeloj myasnoj porody` SM-1* (Variability and correlations of chemical elements in organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, 183 p. (In Russ.)
17. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Miller I.S., Strizhkova M.V., Zaiko O.A., Nazarenko A.V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russ.)
18. Narozhny`x K.N., *Izmenchivost`, korrelyaciya i uroven` tyazhely`x metallov v organax i tkanyax gerefordskogo skota v usloviyax Zapadnoj Sibiri* (Variability, correlation and level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p. (In Russ.)
19. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V. [et al.], Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38(3), p. 149.
20. Syso A.I., Lebedeva M.A., Khudyaev S.A., Cherevko A.S., Shishin A.I., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Slobozhanin D.M., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2017, No. 3 (44), pp. 54–61. (In Russ.)
21. Syso A.I., *Agrokhimiya v XXI veke* (Agrochemistry in the XXI century), Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.G. Mineev, Moscow, 2018, pp. 30–33. (In Russ.)
22. Shishin N.I., Sebezhko O.I., Fedyaev Yu.I., Skiba T.V., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2017, No. 3 (44), pp. 70–79. (In Russ.)
23. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. [et al.], Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of western Siberia, *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44 (3), pp. 662–666.
24. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. [et al.], 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.
25. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L. [et al.], Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9 (4), pp. 368–374.
26. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Chysyma R.B. [et al.], Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9 (9), p. 1530.
27. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I. [et al.], Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia), *Indian Journal of Ecology*, 2018, Vol. 45 (4), pp. 866–871.

28. Gary L., *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory*, 3th ed, Wayne, USA: CLSI, 2010, 59 p.
29. *Guidelines for the determination of reference intervals (RI) in veterinary species*, ASVCP: https://www.asvcp.org/resource/resmgr/QALS/Other_Publications/RI_Guidelines_For_ASVCP_webs.pdf (date of application: 11.09.2023).
30. Stojanović B., Vasilev D., Stojanović Z. [et al.], Determination of sensory properties and levels of trace elements during storage of canned meat products, *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021, Vol. 45 (3), pp. e15278.
31. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda, World Health Organization, 2022.
32. Freeland-Graves J.H., Sachdev P.K., Binderberger A.Z., Sosanya M.E., Global diversity of dietary intakes and standards for zinc, iron, and copper, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2020, Vol. 61, pp. 126515.
33. Narozhnykh K.N., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2021, Vol. 51, No. 5, pp. 83–90. (In Russ.)
34. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. 1 (66), pp. 140–149. (In Russ.)
35. Narozhnykh K.N., *Vestnik KrasGAU*, 2023, No. 6 (195), pp. 138–144. (In Russ.)
36. Alonso M.E., González-Montaña J.R., Lomillos J.M., Consumers' concerns and perceptions of farm animal welfare, *Animals*, 2020, Vol. 10 (3), pp. 385.
37. Grunert K.G., Sonntag W.I., Glanz-Chanos V., Forum S., Consumer interest in environmental impact, safety, health and animal welfare aspects of modern pig production: Results of a cross-national choice experiment, *Meat science*, 2018, Vol. 137, pp. 123–129.
38. Menezes E.A., Oliveira A.F., França C.J. [et al.], Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, and crude protein in beef, pork and chicken after thermal processing, *Food chemistry*, 2018, Vol. 240, pp. 75–83.
39. Pereira P.M.C.C., Vicente A.F.R.B., Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet, *Meat science*, 2013, Vol. 93 (3), pp. 586–592.
40. Bohrer B.M., Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein, *Trends in Food Science & Technology*, 2017, Vol. 65, pp. 103–112.
41. Thomas D., The mineral depletion of foods available to us as a nation (1940–2002)–a review of the 6th Edition of McCance and Widdowson, *Nutrition and Health*, 2007, Vol. 19 (1-2), pp. 21–55.
42. Juárez M., Lam S., Bohrer B.M. [et al.], Enhancing the nutritional value of red meat through genetic and feeding strategies, *Foods*, 2021, Vol. 10 (4), pp. 872.
43. Kuz'mina E.E., Chysyma R.B., Korotkevich O.S., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2008, No. 2 (182), pp. 72–77. (In Russ.)
44. Inerbaev B.O., Khramtsova I.A., Inerbaeva A.T., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2022, No. 4 (38), pp. 15–22. (In Russ.)
45. Wilkinson J.M., Hill J., Livesey C.T., Accumulation of potentially toxic elements in the body tissues of sheep grazed on grassland given repeated applications of sewage sludge, *Animal Science*, 2001, Vol. 72 (1), pp. 179–190.
46. Cheng J., Fan C., Zhang W. [et al.], Effects of dietary copper source and level on performance, carcass characteristics and lipid metabolism in lambs, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2008, Vol. 21 (5), pp. 685–691.
47. Cheng Y.F., Chen Y.P., Du M.F. [et al.], Evaluation of dietary synbiotic supplementation on growth performance, muscle antioxidant ability and mineral accumulations, and meat quality in late-finishing pigs, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2018, Vol. 24 (5), pp. 673–679.

УДК 636.08: 636.5
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-186-193

ВЛИЯНИЕ АДСОРБЕНТА НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА КУР РОДИТЕЛЬСКОГО СТАДА КРОССА ROSS 308

[1]**Е.А. Кишняйкина,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[2]**К.В. Жучаев,** доктор биологических наук, профессор
[3]**Ю.В. Князева**, технолог
[4]**В.А. Солошенко**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
[2]**В.И. Ермолаев,** доктор биологических наук
[1]Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия
[2]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
[3]ОП «Новосафоновская» ООО «Кузбасский бройлер», пос. Новосафоновский Кемеровской обл., Россия
[4]Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства СФНЦА РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия
E-mail: elena.kishnyaikina87@yandex.ru

***Ключевые слова*:** адсорбент, шунгит, инкубационное яйцо, выход деловых цыплят, сохранность, куры родительского стада, валовой сбор яиц.

Реферат. *Исследования проводились с целью оценки эффективности применения адсорбента Мустала в кормлении кур родительского стада кросса Ross 308. Работа выполнена на предприятии по выращиванию родительского стада бройлеров. Были сформированы контрольная и опытная группы кур родительского стада кросса Ross 308 в возрасте 40 недель (в контрольной группе – 9303 головы, в опытной – 9278) при напольном содержании. Птице опытной группы скармливали адсорбент Мустала в дозе 1,5 кг/т комбикорма, в рацион птицы контрольной группы препарат не включали. В течение всего периода выращивания определяли основные зоотехнические показатели: валовой сбор, инкубационный сбор, количество деловых цыплят, сохранность, которые были рассчитаны по общепринятым в птицеводстве методикам. Установлено, что птица опытной группы превысила контрольную по показателю валового количества яиц и выходу инкубационного яйца на 0,24 и 0,20% соответственно. Применение адсорбента Мустала позволило увеличить выход деловых цыплят на 0,8% и повысить сохранность в опытной группе на 0,02%. Прибыль от реализации продукции в опытной группе на 2,21% выше, чем в контрольной.*

INFLUENCE OF ADSORBENT ON THE PRODUCTIVE QUALITIES OF ROSS 308 PARENT FLOCK CHICKENS

[1]**E.A. Kishnyaykina,** PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
[2]**K.V. Zhuchaev**, Doctor of Biological Sciences, Professor
[3]**Yu.V. Knyazeva**, Technologist
[4]**V.A. Soloshenko**, Academician of the Russian Academy of Sciences
[2]**V.I. Ermolaev**, Doctor of Biological Sciences
[1]Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia
[2]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
[3]OP "Novosafonovskaya" LLC "Kuzbass Broiler", village. Novosafonovsky, Kemerovo region, Russia
[4]Siberian Research and Design and Technological Institute of Animal Husbandry, Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, pos. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
E-mail: elena.kishnyaikina87@yandex.ru

Keywords: adsorbent, shungite, hatching egg, commercial chicken yield, safety, parent flock chickens, gross egg harvest.

Abstract. *The research was conducted to evaluate the effectiveness of using the Mustala adsorbent in feeding chickens of the parent flock of the Ross 308 cross. The work was carried out at an enterprise for raising a broiler parent flock. A control and experimental group of hens of the parent flock of the Ross 308 cross were formed at*

the age of 40 weeks (in the control group - 9303 heads, in the experimental group - 9278) with floor housing. The birds in the experimental group were fed Mustal adsorbent at a dose of 1.5 kg/t of feed; the drug was not included in the diet of the birds in the control group. During the growing period, the leading zootechnical indicators were determined: gross harvest, hatching harvest, number of commercial chickens, and safety, which were calculated according to generally accepted methods in poultry farming. It was found that the birds of the experimental group exceeded the control group in terms of the gross number of eggs and the yield of hatching eggs by 0.24 and 0.20%, respectively. Mustala adsorbent made it possible to increase the yield of commercial chickens by 0.8% and increase safety in the experimental group by 0.02%. Profit from product sales in the experimental group is 2.21% higher than in the control group.

Современные кроссы птицы из-за большой интенсивности производства высокочувствительны к микотоксинам. Контаминация микотоксинами снижает продуктивные качества птицы на всех этапах производства от ремонтного молодняка до выращивания бройлеров [1, 2]. Известно более 300 видов микотоксинов, но изучены свойства лишь немногих из них [3]. Встречаемость разных видов микотоксинов связана с особенностями кормовой базы предприятия. Так, для предприятий Сибири характерны зеараленон, Т-2, охратоксин, афлатоксин, фумонизин, а для юга России в начале списка стоят Т-2, фумонизин [4].

Для решения этой проблемы птицеводческие предприятия используют адсорбенты – твердые тела, избирательно поглощающие из окружающей среды газы, пары или растворённые вещества [5, 6]. К адсорбентам природного происхождения относится кормовая добавка Мустала на основе шунгита.

Цель исследований – определение эффективности применения адсорбента Мустала в кормлении кур родительского стада кросса Ross 308. В связи с этим были решены следующие задачи:

- изучить влияние адсорбента Мустала на продуктивные качества родительского стада кросса Ross 308;
- проанализировать сохранность подопытного поголовья;
- рассчитать экономическую эффективность включения адсорбента Мустала в рацион родительского стада кросса Ross 308.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кормовая добавка Мустала произведена ООО «Надвоицкий завод ТДМ» (Республика Карелия). Основу её составляет поверхностно и термически модифицированный минерал шунгит. В состав адсорбента входят углерод (40%), кремний (60%), а фуллереноподобная кристаллическая решетка обеспечивает высокую адсорбционную емкость. Уникальность фуллерена (особой формы углерода) в том, что молекула C_{60} содержит фрагменты с пятикратной симметрией (пентагоны), которые «запрещены» природой для неорганических соединений [7]. Молекула фуллерена является органической молекулой, а кристалл, образованный такими молекулами (фуллерит), – это молекулярный кристалл, являющийся связующим звеном между органическим и неорганическим веществом.

Шунгитовый углерод имеет высокую способность к реакциям, каталитические свойства, электропроводность, химическую стойкость. Помимо углерода, шунгит содержит следующие компоненты: SiO_2 (57,0 %), H_2O (4,2 %), Al_2O_3 (4,0 %), FeO (2,5 %), K_2O (1,5 %), MgO (1,2 %), S (1,2 %), TiO_2 (0,2 %) [8].

Кормовая добавка представляет собой крупку черного цвета с серыми включениями, размер 0,2 – 0,8 мм. В воде не растворяется. Активно связывает полярные и неполярные микотоксины, препятствует их всасыванию в желудочно-кишечном тракте птицы и способствует выведению естественным путем, тем самым повышая сохранность и продуктивность птицы. Мустала не сорбирует витамины и микроэлементы, и не снижает питательность корма [9]. По заключению ФГБУ «Ленинградская МВЛ», уровень адсорбции микотоксинов составляет: охратоксин, афлатоксин, фумазин, зеараленон – 100%, ДОН – 84%, Т-2 – 81%.

Для проведения экспериментальных исследований было сформировано две группы кур в возрасте 40 недель: в контрольной группе 9303 головы, в опытной – 9278. Всё поголовье содержали в корпусах напольного содержания, период опыта 22 недели.

Дозы введения адсорбента Мустала в состав рациона родительского стада определили по

«Инструкции по применению кормовой добавки Мустала для абсорбции микотоксинов в кормах и стимуляции пищеварения сельскохозяйственных животных и птицы» [10].

Исследования эффективности применения адсорбента Мустала в кормлении кур родительского стада кросса Ross 308 проводились на птицефабрике с замкнутым циклом производства в Кемеровской области.

Согласно схеме опыта, куры родительского стада находились в одинаковых условиях содержания, принятых на птицефабрике. Параметры микроклимата, плотность посадки, фронт кормления и поения аналогичны для всей птицы и соответствовали нормативным рекомендациям компании «Авиаген» [11].

Кормление подопытной птицы осуществлялось полнорационными комбикормами согласно существующим рекомендациям для кросса Ross 308 [12]. Лабораторными исследованиями в кормах обнаружены микотоксины в количестве, не превышающем нормы допустимого содержания [13]. Однако известный накопительный эффект микотоксинов является обоснованием для профилактических мер [14], в том числе использования адсорбентов. Опытной группе задавали адсорбент Мустала в количестве 1,5 кг/т корма. В рацион птицы контрольной группы препарат не включали. Калорийность рационов была одинаковая. Рационы полностью сбалансированы по всем показателям [15].

В течение всего периода исследования определяли клинико-физиологическое состояние птицы путем ежедневного осмотра.

Основные зоотехнические показатели: валовой сбор, инкубационный сбор, количество деловых цыплят, сохранность – рассчитаны по общепринятым в птицеводстве методикам.

Продуктивность подопытной птицы за период исследований определяли путем еженедельного подсчета валового и инкубационного яйца. Процент валового яйца (ВЯ, %) определяли как отношение количества валового яйца (ВЯ, шт.) за неделю, деленное на общее количество кур за неделю (ОКК, шт.), выраженное в процентах:

$$ВЯ,\% = \frac{ВЯ}{ОКК} * 100 .$$

Процент инкубационного яйца (ИЯ, %) рассчитывали как отношение инкубационного яйца (ИЯ, шт.) за неделю, деленное на количество валового яйца за неделю (ВЯ, шт.), выраженное в процентах:

$$ИЯ,\% = \frac{ИЯ}{ВЯ} * 100 .$$

Показатель выхода деловых цыплят (ДЦ,%) устанавливали как отношение количества выведенных цыплят (КВЦ, шт.), полученных в цехе выращивания, к количеству заложенного инкубационного яйца, выраженное в процентах:

$$ДЦ,\% = \frac{КВЦ}{ИЯ} * 100 .$$

Экономическая эффективность введения изучаемого препарата в рационы кормления подопытных животных рассчитана по фактическим ценам 2021 г. Полученный цифровой материал обработан стандартными статистическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Методом оценки продуктивных показателей кур родительского стада является подсчет в контрольные периоды времени выхода валового и инкубационного яйца (табл. 1).

Таблица 1

Еженедельный валовой и инкубационный сбор яйца в опыте
Weekly gross and incubation egg collection in the experiment

Показатель	Контрольная группа		Опытная группа	
	%	шт.	%	шт.
Валовой сбор				
В среднем	72,8±0,57	46136,5±394,03	73,0±0,57	46291,7±395,77
ВСЕГО	100	1061139	100,3	1064709
Инкубационный сбор				
В среднем	97,3±0,03	44907,8±397,4	97,5±0,04	45173,6±400,9
Всего	100	1032879	100,6	1038992

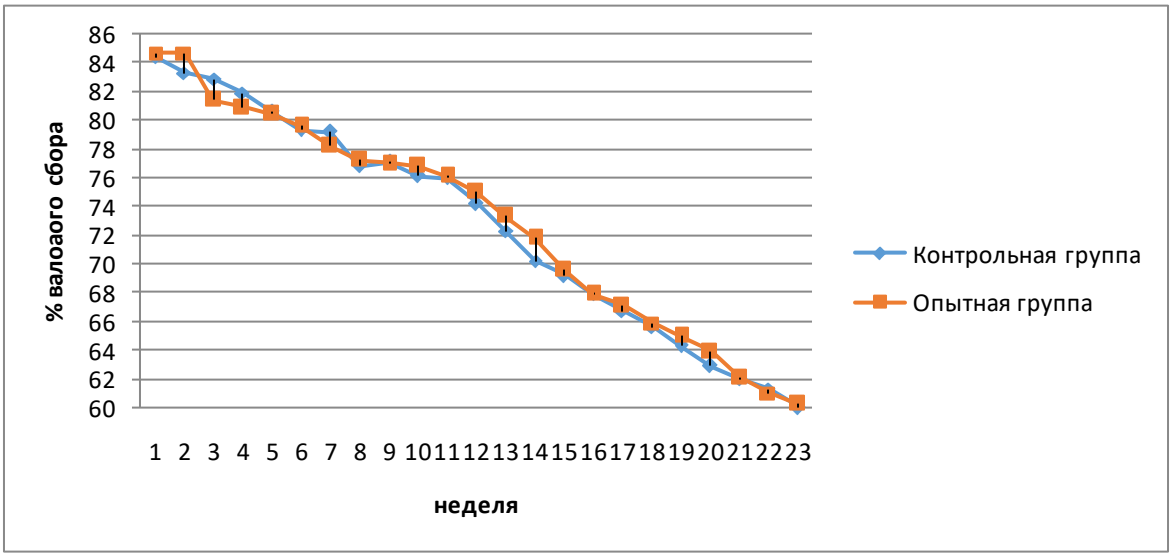


Рис. 1. Еженедельный валовой сбор яйца
Weekly gross egg collection

Уже с первой недели введения адсорбента Мустала отмечен рост валовой продукции опытной группы по отношению к контрольной и к двум предшествующим неделям до начала опытного периода (рис. 1). На протяжении 23 недель сохраняется тенденция превышения показателей валового сбора яйца в опытной группе, за исключением 42, 43, 44, 46, 49 и 61-й недели. По окончании эксперимента преимущество опытной группы в сборе валового яйца составляет 0,20%, или в натуральном выражении 3570 яиц.

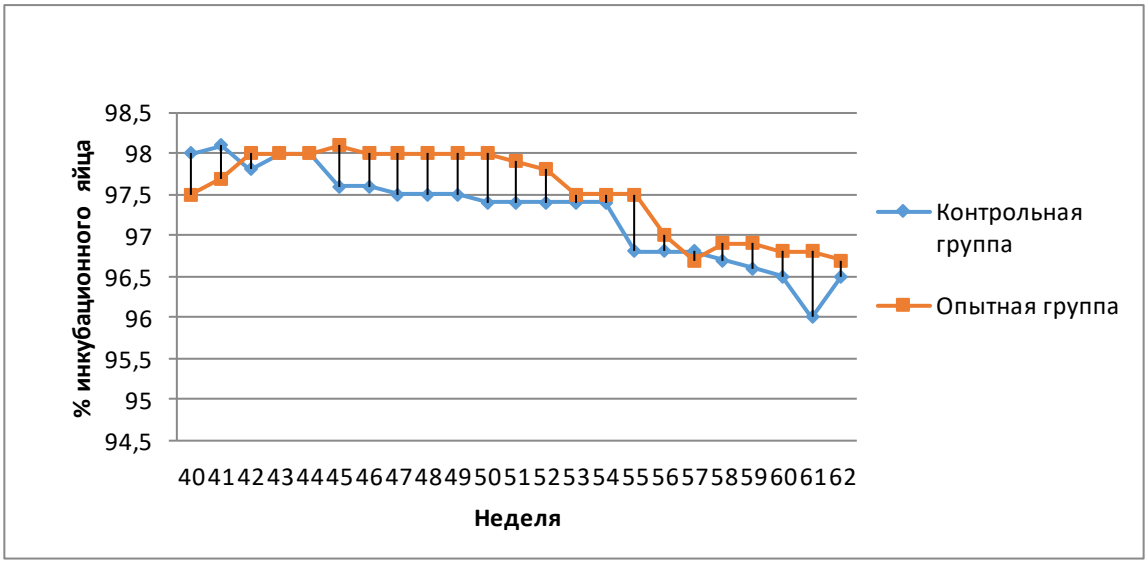


Рис. 2. Еженедельный инкубационный сбор яйца
Weekly hatchery egg collection

Сбор инкубационного яйца в течение первых двух недель был несколько выше в контрольной группе, но уже на 4-й неделе эксперимента показатели выровнялись, и с 45-й по 62-ю недели проявилось преимущество опытной группы перед контрольной (рис. 2). В целом по итогам эксперимента в опытной группе получено на 0,2% (6113 шт.) инкубационного яйца больше, чем в контрольной.

Известно, что ряд микотоксинов повышают проницаемость барьера между просветом кишечника и кровеносной системой, что при-

водит к синдрому негерметичности кишечника и, как следствие, усиливает пролиферацию кишечных патогенов и увеличивает количество грязных яиц, непригодных к инкубации [16]. Возможно, накопительный эффект адсорбента Мустала оказал влияние на состояние кишечника и, соответственно, уменьшение количества грязных яиц.

Еще одним важным показателем продуктивности для родительского стада является выход деловых цыплят, поступивших в цех выращивания бройлеров из инкубатора и прошедших две стадии выбраковки: непосредственно в цехе выращивания и инкубаторе (табл. 2).

Таблица 2

Выход деловых цыплят, %
Yield of business chickens, %

Показатель	Контрольная группа		Опытная группа	
	%	шт.	%	шт.
В среднем в неделю	83,90±0,43	37989,30±512,49	84,70±0,42	38644,70±517,98
Итого	100	873754	101,7	888828

Выявлена положительная тенденция по выходу деловых цыплят в группе, получавшей адсорбент Мустала, начиная с 6-й недели эксперимента (рис. 3). Возможно, и в этом случае проявляется накопительный эффект кормовой добавки. Известно, что микотоксины негативно воздействуют на воспроизводительные качества птицы, развитие эмбриона, жизнеспособность цыплят и устойчивость потомства к инфекциям [17]. По завершении эксперимента средней выход деловых цыплят в контрольной группе составил 83,9%, а в опытной – 84,7%, что выше на 0,8%, или 15074 головы.

Сохранность поголовья оказывает существенное влияние на конечный выход продукции (табл. 3).

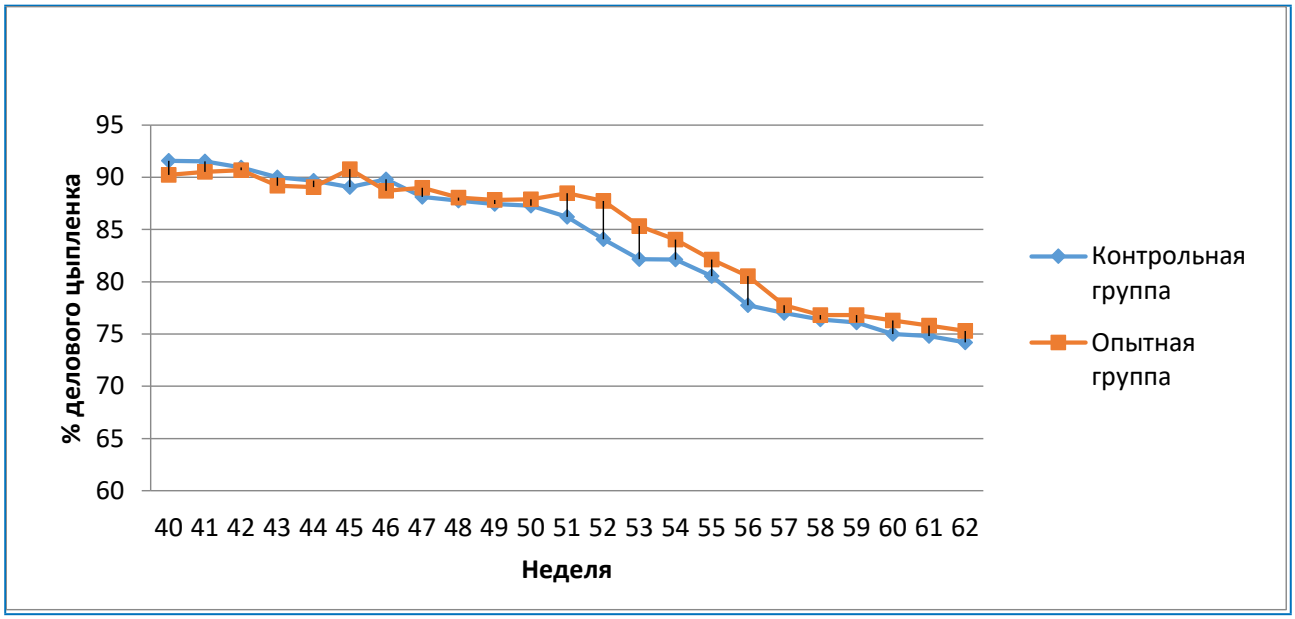


Рис. 3. Выход деловых цыплят
Business chicks are coming out.

Таблица 3

Сохранность подопытной птицы
Safety of experimental birds

Показатель	Контрольная группа		Опытная группа	
	%	шт.	%	шт.
Отход за период опыта	4,1500±0,0030	374,00 ±0,30	3,8000±0,0002***	351,00 ±0,06***

*** Разница с контрольной группой достоверна при p >0,999.
***The difference with the control group is significant at p >0.999.

Начиная с 3-й недели опыта прослеживается устойчивая тенденция к сокращению отхода поголовья в опытной группе. По окончании эксперимента в опытной группе он был ниже, чем в контроле, на 0,35%.

Основная задача использования кормовых добавок – повышение экономической эффективности производства продукции. Несмотря на некоторое увеличение затрат, в опытной группе отмечен рост производства продукции на разных этапах технологического процесса. Прирост производства валового и инкубационного яйца за весь период опыта по сравнению с контролем составил 0,2%, выхода деловых цыплят – 0,8%. По сохранности опытная группа на 0,35% превышала показатели контрольной группы.

Данные по экономической эффективности использования кормовой добавки представлены в табл. 4.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения адсорбента Мустала в кормлении кур родительского стада кросса Ross 308
Economic efficiency of using Mustala adsorbent in feeding chickens of the parent flock of the Ross 308 cross

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Голов на начало опыта	9303	9278
Голов на конец опыта	8875	8873
Сохранность, %	95,39	95,63
Валовой сбор яиц, шт.	1061139	1064709
Инкубационный сбор яиц, шт.	1032879	1038992
Выход деловых цыплят, шт.	873754	888828
Стоимость адсорбента, руб/кг	-	195
Затраты корма на 1 голову за время эксперимента, кг	25,56	25,56
Затраты корма за время опыта, кг	241468,15	242053,1
Затраты на корм, руб.	3996056,35	4005737,0
Количество дней эксперимента	161	161
Затраты на адсорбент за время опыта, руб.		47200,4
Цена реализации 1 цыпленка, руб.	66	66
Выручка от реализации делового цыпленка за время опыта, руб.	57667764	58662516
Дополнительные расходы, (зарплата, ГСМ и т.д. – производственные затраты), руб.	38946216,35	39605977,07
Финансовый результат(прибыль), руб.	14725491,29	15050802,2
Дополнительная прибыль по отношению к контрольной группе, всего, руб. на начальную голову, руб.	-	325310,9 35,06

В результате использования адсорбента Мустала в дозе 1,5 кг/т корма за период опыта получено 325310,9 руб. дополнительной прибыли по сравнению с контрольной группой, что составило 2,21%, или 35,06 руб. на начальную голову.

ВЫВОДЫ

1. В условиях производственного эксперимента выявлена устойчивая положительная тенденция влияния адсорбента Мустала в рационах опытной группы на валовую продукцию яиц (+0,2%, 3570 шт.), количество инкубационного яйца (+0,2%, 6113 шт.), выход деловых цыплят (+0,8%, 15074 головы), сохранность поголовья (+0,26%, p>0,999) по сравнению с контрольной группой.

2. Введение в рацион кур опытной группы родительского стада кормовой добавки Мустала в дозировке 1,5 кг/т корма обеспечило получение 2,21% (325310 руб., 35,06 руб. на начальную голову) дополнительной прибыли по сравнению с контрольной группой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Получение* продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Г.Ю. Лаптев [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 6. – С. 114–124.
2. *Любин Н.А., Ахметова В.В.* Цеолиты Сиуч-Юшанского месторождения в улучшении физиологических функций и повышении продуктивных качеств молочных коров / Ульяновский ГАУ. – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – 170 с.
3. *Андрианова Е.* Эффективный сорбент для профилактики микотоксикозов в птицеводстве // Комбикорма. – 2017. – № 10. – С. 101–103.
4. *Ветвицкая А.* Микотоксины – опасность для промышленного птицеводства // Эффективное животноводство. – 2020. – № 7. – С. 60–63.
5. *Эффективность* применения в птицеводстве кормовых добавок различного механизма действия: рекомендации производству / М.А. Гласкович, М.И. Папсуева, И.В. Кочина [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 82 с.
6. *Медведский В.А.* Биологические основы минерального питания сельскохозяйственной птицы / В.А. Медведский, М.В. Базылев, Л.П. Большакова, Х.Ф. Мунаяр // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 2. – С. 93–108.
7. *Игнатов И., Мосин О.В.* Состав и структурные свойства природного фуллереносодержащего минерала шунгита. Математическая модель взаимодействия шунгита с молекулами воды // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 2. – С. 5–8.
8. *Использование* макропористых сорбентов для усиления и стабилизации пробиотических свойств кормовых синбиотиков / А.В. Чижаева, Г.Н. Дудикова, М.Т. Велямов [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 3. – С. 71–75.
9. *Компания* ДСМ Нутришнл Продактс Россия. Микотоксины – невидимая проблема в вашем инкубаторе // Комбикорма. – 2023. –№ 2. – С. 69–70.
10. *Кармацких Ю.А.* Бентонит Зырянского месторождения в рационах животных и птицы // Курган: Курган. ГСХА, 2009. – 225 с.
11. *Справочник* по содержанию родительского стада [Электронный ресурс]. – URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_ Docs/RUS_TechDocs/RossPSHandBook2018-RU.pdf (дата обращения: 13.10.2023).
12. *Европейское* родительское поголовье ROSS 308: Специфика рационов корма [Электронный ресурс]. – URL: https://aviagen. com/assets/Tech_Center/BB _Foreign_Language_Docs/RUS_ TechDocs/Ross308-EuropeanParentStock-NutritionSpecifications-2021-RU.pdf (дата обращения 15.10.2023).
13. *ГОСТ 34108-2017* Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания микотоксинов прямым твердофазным конкурентным иммуноферментным методом [Электронный ресурс]. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293743/4293743198.pdf?ysclid=lnnzow2plp969821663 (дата обращения: 13.10.2023).
14. *Клименок Е.А.* Осторожно: микотоксины в пищевых продуктах // Информационный выпуск «На здоровье». – 2015. – № 5. – С. 1–2.

15. *Нормы* и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашникова, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов, Н.И. Клейменова – 3-е изд., перераб. и доп. – 2003. – 456 с.
16. *Оценка* адсорбирующей эффективности кормовой добавки «Пребисорб» / М.А. Гласкович, И.Н. Дубина, В.В. Юркевич [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2017. – № 4. – С. 44–48.
17. *Микулич Е.Л., Бородулин В.И.* Морфологические изменения свиней при кормовых микотоксикозах и при применении адсорбента микотоксинов «Фунгинорм» // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак почета” государственная академия ветеринарной медицины». – 2018. – № 4. – С. 183–188.

REFERENCES

1. Fisinin V.I., Egorov I.A., Laptev G.Yu. [i dr.], *Voprosy` pitaniya*, 2017, T. 86, No. 6, pp. 114–124. (In Russ.)
2. Lyubin N.A., Axmetova V.V., *Ceolity` Siuch-Yushanskogo mestorozhdeniya v uluchshenii fiziologicheskix funkcij i povy`shenii produktivny`x kachestv molochnyx korov* (Zeolites of the Siuch-Yushanskoe deposit in improving physiological functions and increasing the productive qualities of dairy cows), Ul`yanovsk: UlGAU, 2018, 170 p.
3. Andrianova E., *Kombikorma*, 2017, No. 10, pp. 101–103. (In Russ.)
4. Vetviczkaya A., *E`ffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2020, No. 7, pp. 60–63. (In Russ.)
5. Glaskovich M.A., Papsueva M.I., Kochina I.V. [i dr.], *E`ffektivnost` primeneniya v pticevodstve kormovy`x dobavok razlichnogo mexanizma dejstviya* (Efficiency of using feed additives of different mechanisms of action in poultry farming), Gorki: BGSXA, 2019, 82 p.
6. Medvedskij V.A., Bazy`lev M.V., Bol`shakova L.P., Munayar X.F., *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki*, 2016, No. 2, pp. 93–108. (In Russ.)
7. Ignatov I. Mosin O.V., *Internet-zhurnal NAUKOVEDENIE*, 2014, No. 2, pp. 5–8. (In Russ.)
8. Chizhaeva A.V., Dudikova G.N., Velyamov M.T. [i dr.], *Mezhdunarodny`j zhurnal prikladny`x i fundamental`ny`x issledovanij*, 2019, No. 3, pp. 71–75. (In Russ.)
9. Kompaniya DSM Nutrishnl Prodakts Rossiya, *Kombikorma*, 2023, No. 2, pp. 69–70. (In Russ.)
10. Karmaczkix Yu.A., *Bentonit Zy`ryanskogo mestorozhdeniya v racionax zhivotny`x i ptiсy* (Bentonite from the Zyryansky deposit in the diets of animals and poultry), Kurgan. GSXA, 2009, 225 p.
11. *Spravochnik po soderzhaniyu roditel`skogo stada*: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_ Docs/RUS_TechDocs/RossPSHandBook2018-RU.pdf. (In Russ.)
12. *Evropejskoe roditel`skoe pogolov`e ROSS 308: Specifika racionov korma*: https://aviagen. com/assets/Tech_Center/BB _Foreign_Language_Docs/RUS_ TechDocs/Ross308-EuropeanParentStock-Nutrition-Specifications-2021-RU.pdf. (In Russ.)
13. *GOST 34108-2017* Korma, kombikorma, kombikormovoe sy`r`e. Opredelenie soderzhaniya mikotoksinov pryamy`m tverdofazny`m konkurentny`m immunofermentny`m metodom: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293743/4293743198.pdf?ysclid=lnnzow2plp969821663. (In Russ.)
14. Klimenok E.A., *Informacionny`j vy`pusk «Na zdorov`e»*, 2015, No. 5, pp. 1–2. (In Russ.)
15. Kalashnikova A.P., Fisinin V.I., Shheglov V.V., Klejmenova N.I., *Normy` i raciony` kormleniya sel`skoxozyajstvenny`x zhivotny`x* (Norms and rations for feeding farm animals), 2003, 456 p.
16. Glaskovich M.A., Dubina I.N., Yurkevich V.V. [i dr.], *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina*, 2017, No. 4, pp. 44–48. (In Russ.)
17. Mikulich E.L., Borodulin V.I., *Ucheny`e zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny`»*, 2018, No. 4, pp. 183–188. (In Russ.)

УДК 619:636.22/28.084.522
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-194-200

ЛЕГКОСТЬ ОТЕЛА КОРОВ МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

М.А. Колесникова, студент
Н.Н. Горб, кандидат ветеринарных наук
Л.П. Ермакова, кандидат ветеринарных наук
В.М. Сороколетова, кандидат биологических наук
С.Н. Гудков, кандидат биологических наук
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: natalya-gorb@mail.ru

Ключевые слова: крупный рогатый скот, легкость отела, кратность осеменений, сухостойный период, акушерско-гинекологические заболевания, молочная продуктивность, пол телёнка, двойни.

Реферат. *Представлены данные зависимости легкости отела от продолжительности сухостойного периода, пола, количества вынашиваемых плодов и его влияния на частоту возникновения некоторых патологий родов и послеродового периода и кратность осеменений у коров молочного направления продуктивности в условиях ООО «Сибирская Нива» Новосибирской области. Чаще роды протекали нормально (легко), без постороннего вмешательства — 91,36%, легкая и умеренная патология наблюдалась у 3,35 и 4,41% коров, в редких случаях отел сопровождался тяжелой патологией — 0,87%. Тяжесть течения родового процесса усиливалась с уменьшением продолжительности сухостойного периода. Так, у животных с легко протекающими родами продолжительность сухостойного периода составляла 54,73±0,27 дня, а у животных с тяжелой патологией была меньше на 3 дня – 51,74±1,33 дня. У коров с легким течением родов чаще наблюдали рождение одного теленка, количество двоен не превышало 8,95%. Утяжеление течения родов сопровождалось увеличением количества двоен, в группе животных с тяжелыми родами оно достигало 84,21%. При тяжело протекающем родовом процессе возрастает частота мертворождений в группах на 4,41%. У животных с тяжело протекающими родами повышен риск возникновения акушерско-гинекологической патологии. Так, у коров с тяжелым течение родового процесса в 26,32% случаев наблюдали патологию третьей стадии родов, сопровождающуюся задержанием последа, а в послеродовый период часто регистрировали послеродовой парез — 42,11% и различные виды метритов — 21,05%, тогда как при легком течении родов все изученные нами патологии регистрировали в совокупности только у 29,35% коров. У животных с тяжело протекающими родами в дальнейшем на плодотворное осеменение затрачивалось на 1,05 дозы семени больше, чем у животных с нормальными родами.*

EASY OF CALVING COWS FOR DAIRY PRODUCTIVITY

M.A. Kolesnikova, Student
N.N. Gorb, PhD in Veterinary Sciences
L.P. Ermakova, PhD in Veterinary Sciences
V.M. Sorokoletova, PhD in Biological Sciences
S.N. Gudkov, PhD in Biological Sciences
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: natalya-gorb@mail.ru

Keywords: cattle, ease of calving, insemination frequency, dry period, obstetric and gynaecological diseases, milk production, calf sex, twins.

Abstract. *Data are presented on the dependence of the ease of calving on the duration of the dry period, gender, the number of gestated fetuses and its influence on the frequency of occurrence of specific pathologies of childbirth and the postpartum period and the frequency of insemination in dairy cows of productivity in the conditions of Sibirskaya Niva LLC, Novosibirsk region. More often, childbirth proceeded normally (easy), without outside intervention - 91.36%, mild and moderate pathology was observed in 3.35 and 4.41% of cows, and in rare cases, calving was accompanied by severe pathology - 0.87%. The severity of the birth process increased*

with a decrease in the duration of the dry period. Thus, in animals with easy labour, the dry period was 54.73 ± 0.27 days; in animals with severe pathology, it was three days less - 51.74 ± 1.33 days. In cows with mild labour, the birth of one calf was more often observed; the number of twins did not exceed 8.95%. The severity of labour was accompanied by an increase in the number of twins; in the group of animals with arduous labour, it reached 84.21%. With a problematic labour process, the frequency of stillbirths in groups increases by 4.41%. Animals with difficult births have an increased risk of obstetric and gynaecological pathology. Thus, in cows with a severe course of the birth process, in 26.32% of cases, pathology of the third stage of labour was observed, accompanied by retention of the placenta. In the postpartum period, postpartum paresis was often recorded - 42.11% and various types of metritis - 21.05%. In contrast, with a mild course of labour, all the pathologies we studied were recorded in aggregate only in 29.35% of cows. In animals with arduous labour, 1.05 more doses of semen were spent on fertile insemination than in animals with normal labour.

Высокий уровень воспроизводства крупного рогатого скота является неотъемлемым условием рентабельности любой сельскохозяйственной организации [1]. Во второй половине XX в велось успешное генетическое улучшение скота, особенно молочного направления продуктивности [2]. При отборе скота максимальное внимание уделялось выгоде за счет генетических параметров продуктивности [3], но экономическая эффективность может быть дополнительно повышена за счет вторичных признаков, прямо или косвенно влияющих на продуктивность [4]. Легкость отела является одним из экономически значимых вторичных признаков, напрямую влияющих на прибыльность стад и благополучие животных [5, 6]. Легкость отела наследуется [7, 8], но не имеет генетической корреляции с продуктивностью [9]. Экономическое значение лёгкости отела в молочном скотоводстве связано не только с краткосрочной прибылью за счет отсутствия или профилактики гибели приплода или самки, ветеринарного обслуживания и дополнительных трудозатрат [10], но и с долгосрочной — хорошее здоровье, высокая фертильность, продуктивное долголетие [11, 12].

На уровне стада контроль патологии родового периода зависит от выбора конкретного быка, размеров теленка и организации сухостойного периода [13]. Кроме того, обязательным является обучение обслуживающего родильное отделение персонала адекватному ведению перинатального периода и акушерской помощи [14]. Ветеринарная литература изобилует исследованиями, касающимися факторов риска и последствий патологических родов у коров молочного и мясного направления продуктивности, но часто используются разные оценки легкости отела. Системы оценки тяжести родового процесса могут варьировать от двухбалльной до семибалльной шкалы [15, 16].

Цель нашего исследования – проанализировать влияние сервис-периода, пола и количества вынашиваемых плодов на легкость отела и легкости отела на частоту возникновения некоторых патологий родов и послеродового периода и кратность осеменений у коров молочного направления продуктивности 2–3-й лактации в условиях ООО «Сибирская Нива» Маслянинского района Новосибирской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для ретроспективного исследования были данные по легкости отела 2177 коров молочного направления продуктивности в условиях ООО «Сибирская Нива» Маслянинского района Новосибирской области. В исследование включены данные второго и третьего отёлов за 2020–2021 гг. Данные получали из программы Dairy Comp 305® (Valley Ag Software, Tulare, CA, USA).

Все животные были ранжированы по легкости отела на 4 группы: 1-я группа – отел протекал легко, помощь не требовалась; 2-я группа – потребовалась помощь одного человека без использования механических вспомогательных средств (легкая патология); 3-я группа – потребовалась помощь двух человек или применение механических вспомогательных средств (умеренная патология); 4-я группа — ветеринарная помощь без хирургического вмешательства, в т.ч. при неправильном предлежании плода, любых манипуляциях в матке с изменением положения телёнка, перекручивании матки (тяжелая патология).

Каждая группа была проанализирована по следующим показателям: продолжительность

сухостойного периода, пол, количество вынашиваемых плодов и мертворожденных, наличие патологий репродуктивной системы в период родов и послеродовой период, кратность осеменений.

Данные по каждому животному были экспортированы из программы управления стадом Dairy Comp 305® в файл Microsoft Excel® Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). Была выполнена описательная статистика, и непрерывные переменные выражены как среднее значение плюс-минус стандартное отклонение, а категориальные переменные – в процентах. Статистическую обработку данных проводили при помощи программы PAST v4.12 (лицензия: FreeWare), используя универсальный пакет анализа ANOVA ect. several samples для оценки статистической разницы между группами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В подавляющем большинстве случаев (91,36%) отел у коров протекал легко и не требовал какой-либо помощи. Легкая и умеренная патология была диагностирована у 3,35 и 4,41% коров соответственно. В редких случаях (0,87%) отел сопровождался тяжелой патологией, требующей оказания квалифицированной ветеринарной помощи.

При анализе продолжительности сухостойного периода мы выявили закономерность – чем продолжительнее был сухостойный период, тем легче протекал отел (рис. 1). Так, в 1-й группе он составил 54,73±0,27 дня, во 2-й – 53,96±2,04, в 3-й – 52,58±1,34, в 4-й – 51,74±1,33 дня, причем в сравнении с 1-й группой во 2-й и 3-й продолжительность сухостойного периода отличалась достоверно ($p \leq 0,05$). Отсутствие достоверного различия между 1-й и 4-й группами мы связываем с относительно малым объемом выборки в последней.

Животные с нормальным течением отела чаще вынашивали одну телочку – 55,56 %, реже – одного бычка (34,64%), на двойни приходилось 8,95%, из которых более 2/3 – это два бычка (табл. 1). Количество мертворожденных в группе было самым низким – 0,85%.

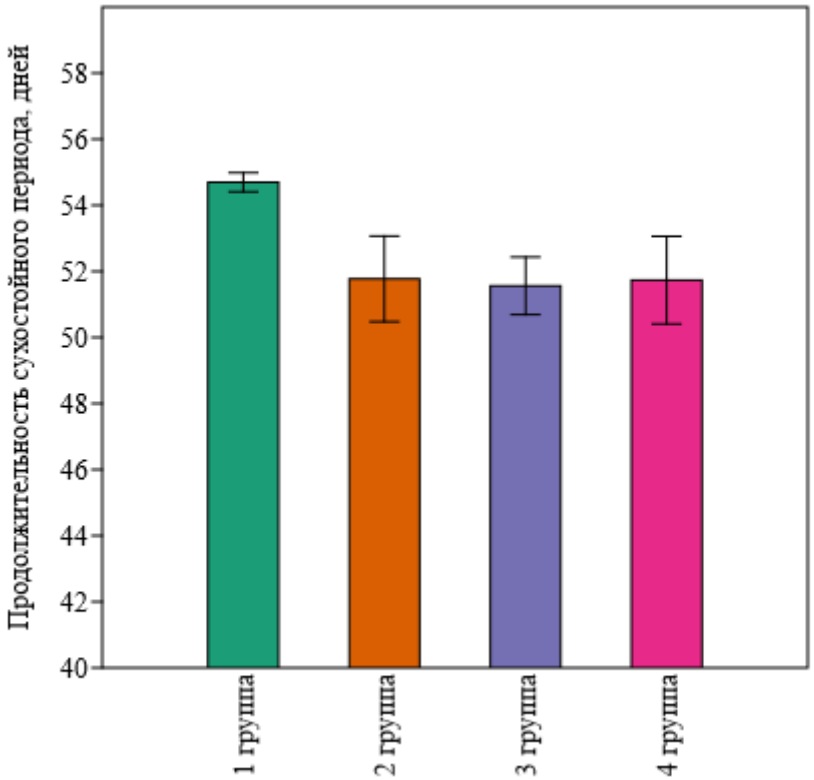


Рис. 1. Продолжительность сухостойного периода у коров с разной степенью тяжести отела

Duration of the dry period in cows with different degrees of calving severity

У животных с легкой патологией по сравнению с животными с нормальным течением родов реже наблюдалось рождение одной телочки – 39,73%, а количество двоен было больше почти в 3 раза – 24,66%, из которых 13,70% – это разнополые двойни. Количество мертворожденных составило 1,36%.

Животные с умеренной патологией по половому соотношению не имели больших отличий по сравнению с животными с нормальным течением родов, немного чаще наблюдалось вынашивание и рождение двоен, только количество мертворожденных в данной группе было в 2 раза выше – 2,08%.

В группе с тяжелой патологией родов наблюдается отличная от других групп ситуация: в данной группе не зарегистрировано рождений одного бычка – 0,00%, одна телочка рождалась только в 10,53% случаев, двойни же рождались в 84,21% случаев, причем более половины – это рождение двух бычков – 47,37%. Количество мертворождений составило 5,26%, что существенно выше, чем в первых трех группах.

Таблица 1

Влияние пола и количества вынашиваемых плодов на легкость отела коров, %
The influence of gender and the number of gestated fetuses on the ease of calving of cows, %

Показатели	Нормальный отел	Легкая патология	Умеренная патология	Тяжелая патология
Бычок	34,64	34,25	39,58	0,00
Тёлочка	55,56	39,73	47,92	10,53
Двойня бычки	6,13	6,85	5,21	47,37
Двойня тёлочки	1,11	4,11	3,13	26,31
Двойня бычок и тёлочка	1,71	13,70	2,08	10,53
Мертворожденные	0,85	1,36	2,08	5,26

Легкость отела оказывала влияние на течение родов, послеродового периода и частоту возникновения патологий репродуктивной системы (табл. 2). У животных с тяжело протекающими родами повышен риск возникновения акушерско-гинекологической патологии. Так, у коров с тяжелым течением родового процесса в 26,32% случаев наблюдали патологию третьей стадии родов, сопровождающуюся задержанием последа, а в послеродовый период часто регистрировали послеродовой парез — 42,11% и различные виды метритов – 21,05%, тогда как при легком течении родов все изученные нами патологии регистрировали в совокупности только у 29,35% коров. Снижение заболеваемости коров акушерскими и гинекологическими патологиями до 16,44% во 2-й группе (легкая патология) мы связываем с более стабильным состоянием животных, повышенным вниманием персонала и применением превентивных мер предупреждения болезней.

Таблица 2

Частота возникновения патологий репродуктивной системы в зависимости от легкости отела, %
Frequency of occurrence of pathologies of the reproductive system depending on the ease of calving, %

Показатели	Нормальный отел	Легкая патология	Умеренная патология	Тяжелая патология
Выпадение матки	0,00	0,00	3,12	0,00
Послеродовой парез	1,09	2,74	7,29	42,11
Задержание последа	11,95	5,48	15,63	26,32
Метриты	15,22	4,11	12,50	21,05
Травмы родовых путей	1,09	4,11	11,46	5,26
Без сопутствующих заболеваний	70,65	83,56	50,00	5,26

При анализе кратности осеменения установлено, что чем тяжелее протекал отел, тем большее количество раз требовалось осеменять коров, чтобы добиться стельности (рис. 2). Кратность осеменения в 1-й группе составила 2,11±0,03, во 2-й – 2,33±0,19, в 3-й – 2,16±0,14, в 4-й – 3,16±0,45, причем в сравнении с 4-й группой в 1-й и 3-й группах кратность осеменений отличалась достоверно (p≤0,05).

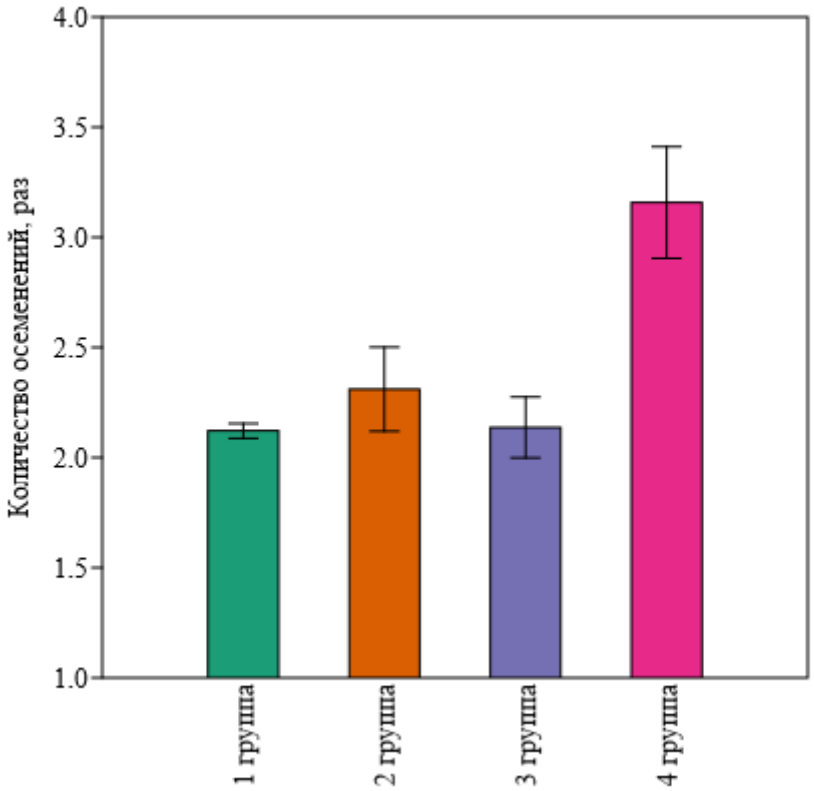


Рис. 2. Количество осеменений у коров с разной степенью тяжести отела
Number of inseminations in cows with different degrees of calving severity

ВЫВОДЫ

1. В ООО «Сибирская Нива» чаще роды у коров протекали нормально (легко), без постороннего вмешательства – 91,36%, легкая и умеренная патология наблюдалась у 3,35 и 4,41% коров, в редких случаях отел сопровождался тяжелой патологией – 0,87%.

2. Тяжесть течения родового процесса усиливалась с уменьшением продолжительности сухостойного периода. Так, у животных с легко протекающими родами продолжительность сухостойного периода составляла 54,73±0,27 дня, а у животных с тяжелой патологией была меньше на 3 дня – 51,74±1,33 дня.

3. У животных с легким течением родов чаще наблюдали рождение одной телочки или одного бычка, количество двоен не превышало 8,95%. Утяжеление течения родов сопровождалось ростом количества двоен, в группе животных с тяжелыми родами оно достигало 84,21%. При тяжело протекающем родовом процессе повышается частота мертворождений в группах на 4,41%.

4. У животных с тяжело протекающими родами повышен риск возникновения акушерско-гинекологической патологии. Так, у коров с тяжелым течением родового процесса в 26,32% случаев наблюдали патологию третьей стадии родов, сопровождающуюся задержанием последа, а в послеродовый период часто регистрировали послеродовой парез – 42,11% и различные виды метритов – 21,05%, тогда как при легком течении родов все изученные нами патологии регистрировали в совокупности только у 29,35% коров.

5. У животных с тяжело протекающими родами в дальнейшем на плодотворное осеменение затрачивалось на 1,05 дозы семени больше, чем у животных с нормальными родами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Горб Н.Н.* Фармако-токсикологические свойства препарата эмексид и его эффективность при послеродовом эндометрите у коров: дис. … канд. вет. наук. – Новосибирск, 2013. – 138 с.
2. *Brotherstone S., Goddard M.* Artificial selection and maintenance of genetic variance in the global dairy cow population //Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2005. – Vol. 360, N 1459. – P. 1479–1488.
3. *Холодова Л.В.* Генетический потенциал и племенная ценность быков-производителей // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2 (55). – С. 106–113. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113.
4. *Химич Н.Г.* Молочная продуктивность и экстерьерные особенности коров разных генотипов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2010. – № 1 (13). – С. 34–37.
5. *Genetic* parameters for direct and maternal calving ability over parities in Piedmontese cattle / P. Carnier [et al.] //Journal of Animal Science. – 2000. – Vol. 78, N 10. – P. 2532–2539.
6. *Huxley J.N., Whay H.R.* Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle // Veterinary Record. – 2006. – Vol. 159, N 20. – P. 662–668.
7. *Sire* evaluation standards and breeding strategies for limiting dystocia and stillbirth. Report of an EEC/EAAP working group / J. Philipsson [et al.] // Livestock Production Science. – 1979. – Vol. 6, N 2. – P. 111–127.
8. *Djemali M., Berger P.J., Freeman A.E.* Ordered categorical sire evaluation for dystocia in Holsteins // Journal of Dairy Science. – 1987. – Vol. 70, N 11. – P. 2374–2384.
9. *Estimation* of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods / M.F. Luo [et al.] // Livestock Production Science. – 2002. – Vol. 74, N 2. – P. 175–184.
10. *Heterogeneity* of genetic parameters for calving difficulty in Holstein heifers in Ireland / J.M. Hickey [et al.] // Journal of dairy science. – 2007. – Vol. 90, N 8. – P. 3900–3908.
11. *Meijering A.* Dystocia and stillbirth in cattle – A review of causes, relations and implications // Livestock Production Science. – 1984. – Vol. 11, N 2. – P. 143–177.
12. *Лукашенкова Т.В., Болотова Л.Ю., Колокольцова Е.А.* Влияние легкости отела на оплодотворяющую способность высокопродуктивных коров с учетом их молочной продуктивности // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 10–2 (88). – С. 23–27. – DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.027.
13. *Mee J.F.* Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review // The Veterinary Journal. – 2008. – Vol. 176, N 1. – P. 93–101.
14. Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention *Lorenz I. [et al]*//Irish veterinary journal. – 2011. – Vol. 64, – N. 1. – p. 1–8.
15. *Comparison* of proven sires from five Holstein-Friesian strains in high-yield Israeli dairy herds / R. Bar-Anan [et al.] // Livestock Production Science. – 1987. – Vol. 17. – P. 305–322.
16. *McClintock S.E.J.* A genetic evaluation of dystocia in Australian Holstein-Friesian cattle. – University of Melbourne, Institute of Land and Food Resources, 2004. – 474 p.

REFERENCES

1. Gorb N.N., *Farmako-toksikologicheskie svoistva preparata emeksid i ego effektivnost' pri poslerodovom endometrite u korov* (Pharmaco-toxicological properties of the drug emexid and its effectiveness in post-partum endometritis in cows), candidates thesis, Novosibirsk, 2013, 138 p. (In Russ.)
2. Brotherstone S., Goddard M., Artificial selection and maintenance of genetic variance in the global dairy cow population, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, Vol. 360, No. 1459, pp. 1479–1488.
3. Kholodova L.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2020, No. 2 (55), pp. 106–113, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-106-113. (In Russ.)

4. Khimich N.G., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2010, No. 1 (13), pp. 34-37. (In Russ.)
5. Carnier C. P., Albera A., Dal Zotto R., Groen A. F., Bona M., Bittante G. Genetic parameters for direct and maternal calving ability over parities in Piedmontese cattle, *Journal of Animal Science*, 2000, Vol. 78, No. 10, pp. 2532-2539.
6. Huxley J.N., Whay H.R., Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle, *Veterinary Record*, 2006, Vol. 159, No. 20, pp. 662–668.
7. Philipsson J., Foulley J.L., Lederer J., Liboriussen T., Osinga A., Sire evaluation standards and breeding strategies for limiting dystocia and stillbirth. Report of an EEC/EAAP working group, *Livestock Production Science*, 1979, Vol. 6, No. 2, pp. 111-127.
8. Djemali M., Berger P.J., Freeman A.E., Ordered categorical sire evaluation for dystocia in Holsteins, *Journal of Dairy Science*, 1987, Vol. 70, No. 11, pp. 2374–2384.
9. Luo M.F., Boettcher P.J., Schaeffer L.R., Dekkers J.C.M., Estimation of genetic parameters of calving ease in first and second parities of Canadian Holsteins using Bayesian methods, *Livestock Production Science*, 2002, Vol. 74, No. 2, pp. 175–184.
10. Hickey J.M., Keane M.G., Kenny D.A., Cromie A.R., Amer P.R., Veerkamp R.F., Heterogeneity of genetic parameters for calving difficulty in Holstein heifers in Ireland, *Journal of dairy science*, 2007, Vol. 90, No. 8, pp. 3900–3908.
11. Meijering A., Dystocia and stillbirth in cattle – A review of causes, relations and implications, *Livestock Production Science*, 1984, Vol. 11, No. 2, pp. 143–177.
12. Lukashenkova T.V., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal,* 2019, No 10–2 (88), pp. 23–27, DOI: 10.23670/IRJ.2019.88.10.027. (In Russ.)
13. Mee J.F., Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review, *The Veterinary Journal,* 2008, Vol. 176, No. 1, pp. 93–101.
14. Lorenz I., Mee J.F., Earley B., More S.J., Calf health from birth to weaning. I. General aspects of disease prevention, *Irish veterinary journal*, 2011, Vol. 64, No. 1, pp. 1–8.
15. Bar-Anan R., Heiman M., Ron M., Weller J.I., Comparison of proven sires from five Holstein-Friesian strains in high-yield Israeli dairy herds, *Livestock Production Science*, 1987, Vol. 17, pp. 305–322.
16. McClintock S.E.J., A genetic evaluation of dystocia in Australian Holstein-Friesian cattle, University of Melbourne, *Institute of Land and Food Resources*, 2004, 474 p.

УДК 636.068
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-201-212

ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ ПРИ АСПЕРГИЛЛЕЗЕ У ЛЕБЕДЯ-ШИПУНА (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

[1]**Е.П. Краснолобова,** кандидат ветеринарных наук, доцент
[1]**С.А. Веремеева**, кандидат ветеринарных наук, доцент
[1]**С.В. Козлова**, кандидат биологических наук, доцент
[1]**Н.А. Черменина**, кандидат биологических наук, доцент
[2]**Н.А. Татарникова**, доктор ветеринарных наук, профессор
[3]**И.М. Мильштейн**, кандидат ветеринарных наук, доцент
[1]Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия
[2]Пермский государственный аграрно-технологический университет им. Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия
[3]Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: veremeevasa@gausz.ru

***Ключевые слова*:** патология, аспергиллез, микроскопические грибы, морфология, морфометрия, гистология, печень, почка, селезенка, лебедь-шипун.

Реферат. *Рассмотрение и анализ болезней диких видов птиц весьма затруднительны, особенно тех видов, которые занесены в Красную книгу. Целью данной работы явилось выявление патоморфологических особенностей проявления аспергиллеза у лебедя-шипуна и оценка влияния данного заболевания на микробиоценоз легких и морфологическую структуру органов, не имеющих полостей. Выполнение научной работы осуществлялась на кафедре анатомии и физиологии ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. Объектом изучения послужили внутренние органы лебедя-шипуна, доставленного для проведения патолого-анатомического вскрытия с целью установления причины смерти птицы. Все внутренние органы исследовали патолого-анатомически и проводили морфометрию. Осуществляли бактериологическое и микологическое изучение легких согласно традиционным в микробиологической практике методикам. Гистологическое изучение таких внутренних органов, как печень, почки и селезенка, проводилось по общепринятой методике. В результате исследований установлено, что характерной чертой патоморфологического проявления аспергиллеза явились топическое поражение дыхательной системы с образованием в легких множественных опухолеподобных очагов двух типов и разрушительные изменения в структуре ткани печени, почек и селезенки. Во всех органах выражена застойная венозная гиперемия, что указывает на хроническую сердечную недостаточность. В печени и почках – ярко выраженные признаки некротизирования ткани, что является признаком токсического воздействия на организм данного заболевания. Разрастание красной пульпы в селезенке лебедя-шипуна может указывать на усиление работы иммунной системы при данной патологии. Из легких лебедя-шипуна выделены пять видов микроорганизмов – представителей разных подцарств. Учитывая особенности развития патологических изменений и степень приоритетности того или иного вида микроорганизма в формировании патологии легких у птиц, установлено, что Aspergillus fumigatus – ведущий патоген в развитии патологических изменений в легких лебедя-шипуна.*

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES IN THE ORGANS IN ASPERGILLOSIS IN THE SHOUTER SWAN (CLINICAL CASE)

[1]**E.P. Krasnolobova**, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor
[1]**S.A. Veremeeva**, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor
[1]**S.V. Kozlova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
[1]**N.A. Cheremenina**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
[2]**N.A. Tatarnikova**, Doctor of Veterinary Sciences, professor
[3]**I. M. Milshtein**, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor
[1]FSBEI HE Northern Trans-Ural SAU, Tyumen, Russia
[2]Perm State Agro-Technological University named after academician D N Prianishnikov, Perm, Russia
[3]FSBEI HI Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia
E-mail: veremeevasa@gausz.ru

Keywords: pathology, aspergillosis, microscopic fungi, morphology, morphometry, histology, liver, kidney, spleen, mute swan.

Abstract. *Consideration and analysis of diseases of wild bird species is complicated, especially those listed in the Red Book. This work aimed to identify the pathomorphological features of the manifestation of aspergillosis in the mute swan and to assess the impact of this disease on the microbiocenosis of the lungs and the morphological structure of organs without cavities. The scientific work was conducted at the Department of Anatomy and Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. The object of study was the internal organs of a mute swan delivered for a post-mortem autopsy to determine the cause of death of the bird. All internal organs were examined pathoanatomically, and morphometry was performed and carried out bacteriological and mycological studies of the lungs according to traditional methods in microbiological practice. Histological study of such internal organs as the liver, kidneys and spleen was carried out using the generally accepted method. As a result of the analyses, it was established that a characteristic feature of the pathomorphological manifestation of aspergillosis was a topical lesion of the respiratory system with the formation of multiple tumour-like foci of two types in the lungs and destructive changes in the structure of the tissue of the liver, kidneys and spleen. Congestive venous hyperemia is expressed in all organs, which indicates chronic heart failure. In the liver and kidneys, there are pronounced signs of tissue necrosis, which is a sign of the toxic effects of this disease on the body. In the spleen of the mute swan, the growth of red pulp may indicate an increase in the functioning of the immune system in this pathology. Five types of microorganisms from different subkingdoms were isolated from the mute swan's lungs. Taking into account the peculiarities of the development of pathological changes and the degree of priority of one or another type of microorganism in the formation of lung pathology in birds, it has been established that Aspergillus fumigatus is the leading pathogen in the development of pathological changes in the lungs of the mute swan.*

В настоящее время широко распространено большое количество различных инфекционных и инвазионных заболеваний, которые являются общими для млекопитающих и птиц [1–8].

В настоящее время на территории Тюменского региона имеется большое количество как домашних, так и диких птиц различных видов [9]. Все они могут быть подвержены микозам, наиболее распространённым среди которых является микоз, вызванный представителями рода *Aspergillus*. У молодых чаще встречается острая форма, а у взрослых – хроническая. Основным резервуаром аспергилл являются корма, подстилка, почва, воздух [10–14].

Лебеди-шипуны *(Cygnus olor)* и их болезни изучены недостаточно. Имеются лишь немногочисленные данные по аспергиллезу у диких птиц. Аспергиллез был обнаружен у 17% трубачей (*Cygnus buccinator)* и тундровых лебедей (*Cygnus columbianus columbianus*), представленных на аутопсию в течение 6 лет в штате Вашингтон [15]. В данном исследовании авторы заявили, что большое количество случаев аспергиллеза произошло в один год из исследованного периода (1986–1992 гг.), возможно, из-за «грязного» корма.

В исследовании, проходившем в Миннесоте, аспергиллез был зарегистрирован у 15,5% лебедей-трубачей, представленных на некропсию в течение двух с половиной лет [16].

В Испании проведены исследования образцов сыворотки крови 13 видов диких птиц, живущих на воде, методом иммунодиффузии на наличие антител к *Aspergillus.* Результаты показали, что уровень инфицирования варьировал от 0,9 до 2,5% у трех видов, живущих на воде птиц: нырок (*Aythya ferina*), кряква (*Anas platyrhynchos*), чирок (*Anas crecca*) [17].

В 2000–2002 гг. было проведено исследование лебедей-трубачей и тундровых лебедей, которые погибли на северо-западе штата Вашингтон. Поражения, соответствующие аспергиллезу, были обнаружены у 64 из 400 лебедей (16%), 62 трубачей и двух тундровых лебедей). Аспергиллёзные гранулемы располагались в трахее, легких и воздушных мешках, вне дыхательных путей грубых поражений не наблюдалось [18].

В исследовании, опубликованном в 2021 г., отмечалось, что в Московском зоопарке в период с 2004 по 2019 г. инфекционные болезни составили 41,5% от общего числа заболеваний, из них 57% болезней имели бактериальную причину, которые представлены большей частью микобактериозами. Основные птицы, пораженные данными патологиями, – водоплавающие. Аспергиллез был выявлен у таких видов, как султанка, розовый пеликан, красный фламинго [19].

Надо отметить, что в доступных нам работах, посвященных аспергиллезу лебедей, авторы обращают внимание на измененные микозом органы дыхательной системы, не изучая макромикроструктуру органов других систем. Не рассматривались и вопросы становления микробиоценозов при развитии микозных патологий у лебедей.

Кроме этого, нужно отметить, что анатомо-гистологические характеристики по данному виду птицы весьма скудные [20, 21]. Поэтому исследование заболеваний и влияние их на организм лебедя-шипуна (*Cygnus olor*) является крайне ценным для науки.

Цель работы – детекция патоморфологических особенностей проявления аспергиллеза у лебедя-шипуна и оценка влияния данного заболевания на микробиоценоз легких и морфологическую структуру паренхиматозных органов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательская работа выполнена на кафедре анатомии и физиологии Института биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья. Объектом изучения послужили внутренние органы лебедя-шипуна, доставленного для проведения патолого-анатомического вскрытия с целью установления причины смерти птицы. Этот вид птицы является редким и занесен в Красную книгу, поэтому сведения об исследованиях заболеваний и состояния организма птиц являются особо ограниченными.

Свежеотобранные образцы подвергали морфометрическим, патолого-анатомическим и микробиологическим исследованиям. При макроскопической оценке выявляли наличие и локализацию патологических изменений, определяя их характер. Изучали анатомические характеристики органов: цвет, консистенцию, форму, размер, предварительно выполнив отбор материала для проведения микробиологических исследований легких. Бактериологические и микологические исследования легких осуществляли согласно традиционным в микробиологической практике методикам. Микроскопические исследования проводили с использованием микроскопа Micros, оснащенного видеокамерой. Микроскопии подвергали нативные препараты, а также мазки-отпечатки и мазки культур, окрашенные методом Грама. Нативные препараты готовили из содержимого патологических очагов легких методом «раздавленная капля». Посев осуществляли согласно общепринятой методике на среды Чапека, Эндо, мясо-пептонный агар и бульон, желточно-солевой агар. Посевы на среде Чапека культивировали в термостате при температуре 28 ^{0}С. Контролировали рост популяций на 2, 3, 7-е сутки, изучая культуральные свойства.

Посевы на среды Эндо, мясо-пептонный агар и бульон, желточно-солевой агар выращивали в термостате при температуре 37 ^{0}С, учитывая особенности проявления роста микроорганизмов через 18, 24, 48 ч. После первичного посева осуществляли выделение чистых культур методом Дригальского. Ферментативные свойства выделенных культур изучали с применением набора сред цветного ряда.

С целью изучения морфологического состояния паренхиматозных органов лебедя-шипуна (печень, почки и селезенка) проводили их гистологическое исследование. При этом взятый материал фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина, проводили через спирты разной крепости и заливали в парафин по общепринятой методике [22, 23]. Срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. С помощью светового микроскопа Micros, оснащенного видеокамерой, при малом, среднем и большом увеличениях изучали гистопрепараты, оценивая состояние клеток и других структур органов. В дальнейшем производили фотографирование.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении патоморфологических изменений внутренних органов лебедя-шипуна все изученные органы были подвергнуты морфометрии, результаты которой отражены в таблице. При этом отмечено, что наибольший удельный вес из рассматриваемых внутренних органов имеет печень (18,5%), а наименьший – селезенка (1,7%).

Морфометрические характеристики внутренних органов лебедя *Cygnus olor* при хронической форме аспергиллеза
Morphometric characteristics of the internal organs of the swan Cygnus olor with chronic form of aspergillosis

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1	Масса легких, г	83,0
2	Относительная масса легких, %	9,2
3	Относительная длина легких, %	6,1
4	Масса печени, г	166,6
5	Длина левой доли печени, см	13,6
6	Ширина левой доли печени, см	6,7
7	Длина правой доли печени, см	6,7
8	Ширина правой доли печени, см	7,5
9	Длина желчного пузыря, см	6,7
10	Ширина желчного пузыря, см	2,5
11	Относительная масса печени, %	18,5
12	Масса почек, г	66,0
13	Длина почек, см	18,0
14	Ширина почек, см	2,5
15	Относительная масса почек, %	7,3
16	Относительная длина почек, %	10,0
17	Масса селезенки, г	15,0
18	Длина селезенки, см	3,3
19	Ширина селезенки, см	2,7
20	Толщина селезенки, см	1,22
21	Относительная масса селезенки, %	1,7
22	Относительная длина селезенки, %	1,83

Легкие шипуна (рис. 1) расположены в углублениях тел грудных позвонков и дорсальных краев ребер, в связи с этим имеют вырезки с латерального края по 6 штук. В них отмечался выраженный кардиогенный отек, а также присутствие более 10 штук в каждой доле патологических образований различного размера от 3 до 25 мм. Данные образования на разрезе желто-коричневого и желто-серого цвета. Они отличались по содержимому: одни с плотной черного цвета оболочкой, внутри которых расположена творожистая масса с колониальным разрастанием тела мицелярного гриба; другие с расплавленным содержимым.

При микроскопии нативных препаратов, приготовленных из содержимого микоцитом легких, обнаружены структурные компоненты (мицелий, конидиеносцы, стеригмы, конидиеспоры) мицелярного гриба рода *Aspergillus* (рис. 2).

При обзорной микроскопии мазков-отпечатко, окрашенных дифференциально-диагностическим методом Грама, обнаружено наличие грамположительных кокков и грамотрицательных бактерий. Общее количество микроорганизмов составляет от 20 до 89 микробных тел в одном поле зрения. Количество грамотрицательных бактерий в одном поле зрения в среднем в 40 раз превышает количество грамположительных кокков. Результаты микроскопии мазков культур, полученных после первичного посева, подтверждают наличие в исследуемом материале кокковой, бактериальной и грибковой микрофлоры.

В ходе бактериологического исследования, на основании результатов исследований морфологических, культуральных и биохимических свойств, выделены и идентифицированы четыре вида прокариот, из кокковых форм – *Staphylococcus aureus*, из бактериальных – *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*.

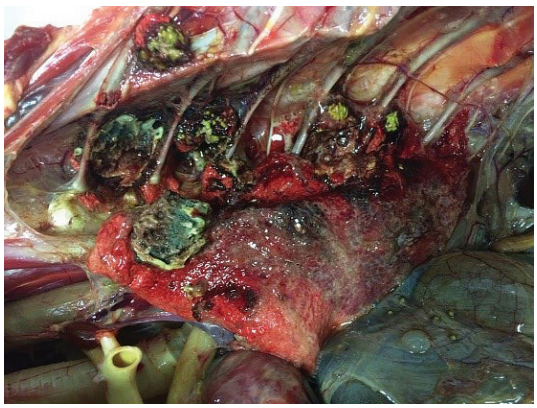


Рис. 1. Патологические очаги в легком лебедя-шипуна
Pathological foci in the lung of a mute swan

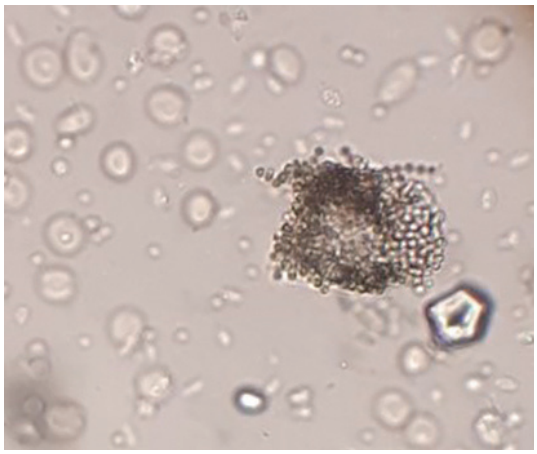


Рис. 2. Гриб рода *Aspergillus* из содержимого патологического очага. Ув 400
Fungus of the genus Aspergillus from the contents of a pathological lesion. UV 400

Полученные при микологических исследованиях полученные данные указывают на то, что причиной образования микоцитом в легких является аспергилл дымящийся – *Aspergillus fumigatus.* Мицелий гриба многоклеточный, разделенный перегородками. От грибницы отходят конидиеносцы –специализированные нитевидные структуры плодоношения. Эти мицелярные элементы не разделены септами, представляют собой единый структурный элемент с булавовидным расширением на концевом участке, на котором, плотно прилегая к друг другу, расположены такие элементы, как стеригмы. На стеригмах хорошо визуализируются спорогенные клетки – фиалиды, от которых формируются цепочки экзоспор серого цвета (рис. 3).

Таким образом, микрофлора легких лебедя-шипуна сформирована представителями разных подцарств и состоит из пяти видов микроорганизмов, таких как *Aspergillus fumigatus, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Proteus mirabilis, Escherichia coli*, которые обладают способностью вызывать некротические процессы.

Для оценивания состояния организма были исследованы паренхиматозные органы, такие как печень, почки и селезенка, которые остро реагируют на инфекционно-токсический процесс в организме.

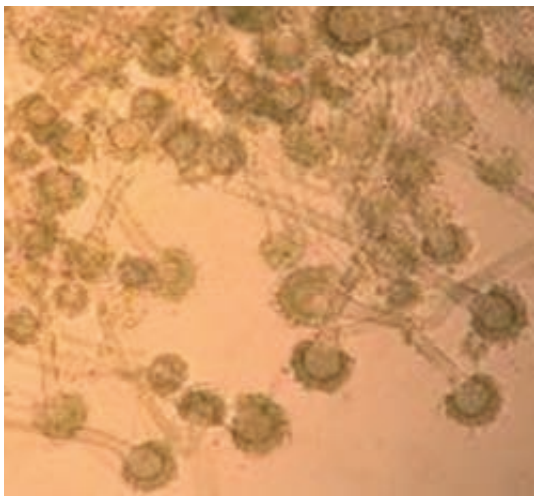


Рис. 3. Микрокартина препарата культуры гриба рода *Aspergillus*. Ув 400
Micrograph of a culture preparation of a fungus of the genus Aspergillus. UV 400

Печень (рис. 4) у лебедя-шипуна дорсокраниально прилежит к сердцу, легким и железистому желудку, дорсокаудально – к селезенке, мышечному желудку, двенадцатиперстной кишке, вентрально – к грудине. Она имеет переднюю и заднюю поверхности, правую и левую доли. С передней поверхности у правой доли печени есть две грани, дорсальная проходит поперек, а вентральная вдоль. У левой доли печени одна грань, которая проходит косо, а по вентральному краю имеется вырезка. У лебедя-шипуна правая доля печени более длинная, а левая менее вытянутая. С задней поверхности на правой доле расположен желчный пузырь овальной формы.

В изучаемой печени лебедя-шипуна отмечается общее венозное полнокровие вследствие сердечной недостаточности: цвет темно-фиолетовый, консистенция плотная, на разрезе стекает большое количество крови. Гистологически (рис. 5) отмечали хроническую венозную гиперемию, которая привела к разрастанию и замене гепатоцитов соединительной тканью, а также увеличению толщины как сосудов, так и желчных протоков. Отмечали также некротизирование гепатоцитов в области центральных печеночных вен. Отечность печени проявлялась в расширении пространств Диссе (рис. 6).



Рис. 4. Печень лебедя-шипуна с передней поверхности
Mute swan liver from the anterior surface

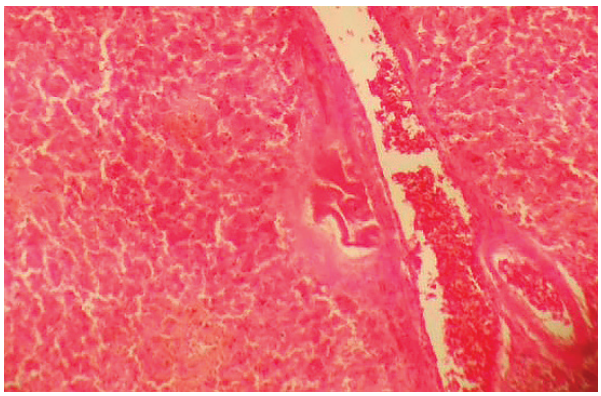


Рис. 5. Утолщение стенок сосудов и разрастание соединительной ткани при хроническом аспергиллезе лебедя-шипуна. Окраска гематоксилин-эозином, ув. 400

Thickening of the walls of blood vessels and proliferation of connective tissue in chronic aspergillosis of the mute swan. Hematoxylin-eosin staining, UV. 400

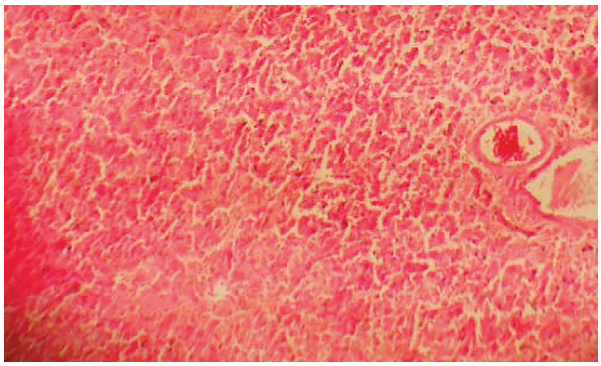


Рис. 6. Центролобулярный некроз печени лебедя-шипуна. Окраска гематоксилин-эозином, ув. 400

Centrilobular necrosis of the mute swan's liver. Hematoxylin-eosin staining, UV. 400

Почки (рис. 7) лебедя-шипуна крупные, расположены в пояснично-крестцовом углублении и имеют пять крупных долей. Текстура почек упругая, фиброзная капсула прозрачная, влажная, снимается легко, дольчатость хорошо выражена, на разрезе почки коричневого цвета.



Рис. 7. Почки лебедя-шипуна

Mute swan buds

Гистологическая структура почек (рис. 8) была сохранена (у лебедя нет четкого деления на корковый и мозговой слои). В некоторых клубочках отмечается процесс склерозирования, в извитых канальцах некротический нефроз. В ткани почек встречались единичные лейкоциты.

Селезенка (рис. 9) лебедя-шипуна окружена капсулой, имеет округло-овальную форму, расположена рядом с правой стороной желудка между железистой и мышечной частью.

В связи с хроническим течением аспергиллеза было отмечено изменение цвета селезенки на черный, на разрезе она кровенаполнена, капсула гладкая.

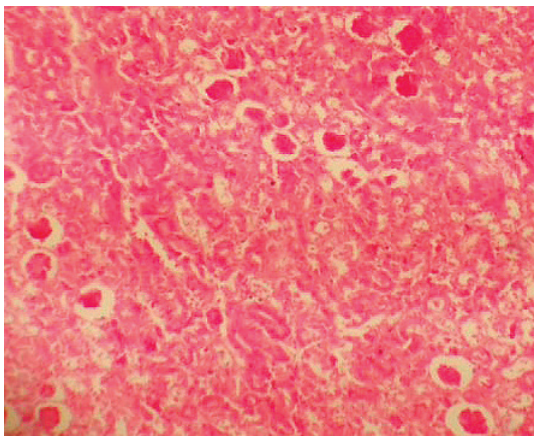


Рис. 8. Некротический нефроз при хроническом аспергиллезе лебедя-шипуна. Окраска гематоксилин-эозином, ув. 400

Necrotic nephrosis in chronic aspergillosis of the mute swan. Hematoxylin-eosin staining, UV. 400

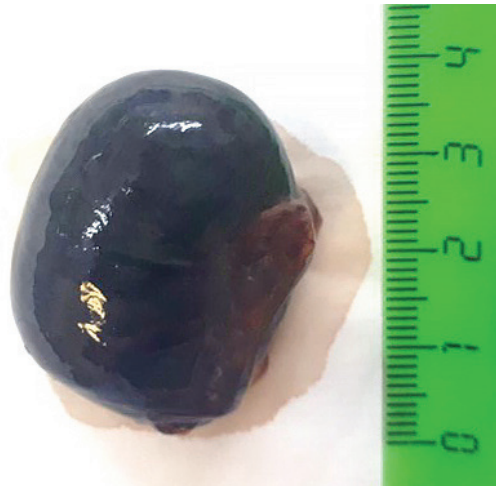


Рис. 9. Селезенка лебедя-шипуна

Mute swan spleen

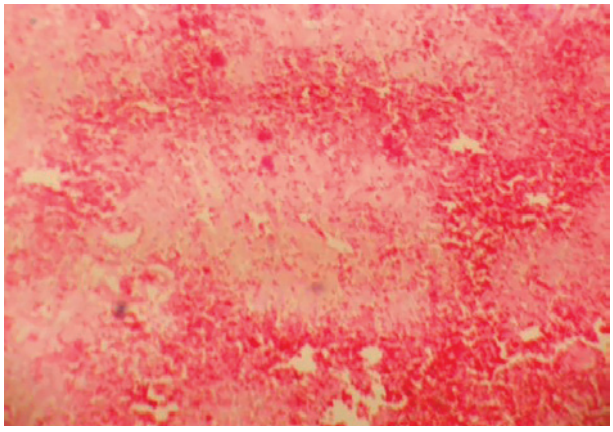


Рис. 10. Гистологическая картина селезенки при хроническом аспергиллезе лебедя-шипуна. Окраска гематоксилин-эозином, ув. 400

Histological picture of the spleen in chronic aspergillosis of the mute swan. Hematoxylin-eosin staining, UV. 400

При гистологическом изучении селезенки лебедя-шипуна обнаруживается сохранение деления паренхимы на красную и белую пульпу (рис. 10). Фолликулы нечеткие, трабекулы сла-

бо выражены, в сосудах отмечаются признаки венозного застоя. Количество белой пульпы уступает красной.

Согласно полученным нами результатам микробиологических исследований, особенностей развития патологических изменений и степени приоритетности того или иного вида микроорганизма в формировании патологии легких водоплавающих птиц было установлено, что *Aspergillus fumigatus* является главным патогеном в развитии патологических изменений в легких лебедя-шипуна. Результаты обзора имеющихся работ указывают, что аспергиллез у диких птиц вызывают в основном два вида гриба – *Aspergillus fumigatus* и *Aspergillus flavus.*

Так, по данным Л.И. Дроздовой и др. [10], в зависимости от специфичности ворот проникновения возбудителя патологический процесс может быть локальным или генерализованным. При локальном проявлении аспергиллеза очаги поражения выявляли в верхних отделах респираторного тракта (гортань, трахея) и на воздухоносных мешках птиц. В легких обнаруживались милиарные очаги размером с горошину и крупнее. Очаги бело-желтого цвета с творожистым содержимым. В начале своего формирования узелки мягкой текстуры, далее текстура очагов становится плотной. При дальнейшем развитии патологического процесса в респираторной системе патология переходила в необратимую стадию. Наблюдали нарастание пневмофиброза, образование бронхоэктазов, ателектаза, формирование фиброзно-кистозных изменений легочной ткани. M.J. Souza, L.A. Degernes [18] отмечали, что поражения наблюдались в трахее, легких и воздушных мешках; вне дыхательной системы грубых грибковых поражений не наблюдалось. Выявленные нами патоморфологические изменения у лебедя-шипуна подтверждают данные авторов по поражению дыхательной системы, однако и вне ее были выявлены глубокие патологические процессы.

Результаты, полученные нами в ходе выполнения морфогистологических изысканий легких лебедя-шипуна с диагностированным аспергиллезом локализованного типа, подтверждают уже имеющиеся научные данные и расширяют сведения о морфогистологии органов дыхательной системы лебедей при аспергиллезе [24].

Анализ обзора научно-исследовательских работ указывает на отсутствие данных о влиянии аспергиллеза на микроструктуру печени, почек и селезенки лебедей-шипунов.

ВЫВОДЫ

1. Аналитические и практические топографо-анатомические, гистологические и микробиологические исследования указывают на то, что к гибели лебедя-шипуна привели заразно-вирулентные процессы, сопровождающие аспергиллез. В результате микробиологических изысканий выделен и идентифицирован ведущий патоген – аспергилл дымящийся (*Aspergillus fumigatus*). Перманентное течение аспергиллеза у лебедя-шипуна сопровождается развитием деструктивных изменений на клеточном уровне не только в легких, но и других паренхиматозных органах, в частности печени, почках и селезенке.

2. Особенностью патоморфологического проявления микоза является поражение легких бесчисленными микоцитомами с наличием в них роста колонии. Во всех органах выражена застойная венозная гиперемия, что указывает на хроническую сердечную недостаточность. В печени и почках – ярко выраженные признаки некротизирования ткани, что является показателем токсического воздействия на организм данного заболевания. Разрастание красной пульпы в селезенке лебедя-шипуна может указывать на усиление работы иммунной системы при данной патологии.

3. Исследование распространенности аспергиллеза, идентификация видов возбудителей и изучение состояния организма в перспективе могут дать ценную информацию, которая поможет разработать методики лечения и сохранить редкие виды птиц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зависимость* уровня инфицированности сальмонеллами в популяциях кур от антагонистической активности Lactobacillaceae и Enterococcaceae в отношении Salmonella enterica / В.Н. Афонюшкин,

Н.В. Давыдова, И.Н. Троменшлегер [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 1. – С. 48–55.
2. *Аспергиллез* диких птиц. / П. Арне, В. Риско-Кастильо, Г. Жувион [и др.] // Журнал грибов. – 2021. – № 3. – P. 7.
3. *Патоморфогенез* микозов экзотических, сельскохозяйственных животных и птиц / Л.И. Дроздова, Н.И. Женихова, У.И. Кундрюкова, Е.И. Попков. – Екатеринбург: Урал. гос. аграр. ун-т, 2022. – 172 с.
4. *El Ghani* Avian aspergillosis: a potential occupational zoonotic mycosis, especially in Egypt // Advances in zootechnics and veterinary medicine, Western Asia. – 2019. – N 10. – P. 1564–1575.
5. *Низкая* чувствительность к противогрибковым препаратам у Aspergillus flavus, выделенного из выращенного в неволе окинавского рельса (Hypotaenidia okinawae) / Р. Кано, М. Цунои, Ю. Накая [и др.] // Журнал ветеринарной медицины. – 2021. – № 83 (1). – С. 28–30.
6. *Козлова С.В.* Стафилококкоз птиц // Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: материалы 2-й нац. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 128–131.
7. *Борьба* и профилактика бактериальных болезней водоплавающих птиц / О.Б. Новикова, Н.В. Никитина, М.А. Павлова [и др.] // Домашняя птица. – 2019. – № 11–12. – С. 93–99.
8. *Новикова О.Б.* Контроль и профилактика бактериальных болезней водоплавающей птицы / О.Б. Новикова, Н.В. Никитина, М.А. Павлова [и др.] // Птицеводство. – 2019. – № 11–12. – С. 93–99.
9. *Характеристика* продуктивных и гематологических показателей цыплят-бройлеров при использовании в их выращивании разных антимикробных веществ / С.С. Александрова, А.А. Бахарев, О.А. Симонов [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2020. – № 5. – С. 35–44.
10. *Дроздова Л.И., Женихова Н.И., Бадова О.В.* Патоморфологические изменения в органах и тканях животных и птиц при микозах, вызываемых плесневыми грибами // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 12. – С. 17–20.
11. *Domatsky V.N., Sivkova E.I.* Parasitic reverse zoonosis in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Russian Federation) // Ukrainian Journal of Ecology. – 2021. – Vol. 11, N 2. – P. 340–345.
12. *Diagnosis* and treatment of chronic pulmonary aspergillosis: clinical guidelines of the European Respiratory Society and the European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases / D.W. Denning, J. Cadrane [et al.] // Pulmonology. – 2016. – 26 p.
13. *Козлова С.В., Краснолобова Е.П., Веремеева С.А.* Патоморфологические проявления аспергиллеза у лебедя-шипуна // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2020. – № 1. – С. 36–38.
14. *Краснолобова Е.П., Козлова С.В., Веремеева С.А.* К вопросу о патоморфологических изменениях во внутренних органах лебедей-шипунов при аспергиллезе // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (68). – С. 153–158.
15. *Lagerquist J.E., Davison M., Foreith W.J.* Lead poisoning and other causes of death of trumpeter swans (Cygnus buccinator) and tundra swans (C. columbianus) in western Washington state // J. Wildl Dis. – 1994. – N 30. – P. 60–64.
16. *Degernes L.A., Frank R.K.* Causes of death of trumpeter swans (Cygnus buccinator) in Minnesota // 1986–1989 game. – 1991. – App. 1. – P. 352–355.
17. *Serological* study of waterfowl infections in the swamps of Guadalquivir (Spain). / R.J. Astorga, M.J. Cubero, L. Leon [et al.] // Avian Dis. – 1994. – Vol. 38. – P. 371–375.
18. *Souza M.J., Degernes L.A.* Wild swan deaths from aspergillosis in northwest Washington state 2000–2002 // Journal of Avian Medicine and Surgery. – 2005. – N 2. – P. 98–106.
19. *Кузнецова М.А., Нестеренко О.Н.* Анализ причин смертности и заболевания у околоводных и водных птиц Московского зоопарка // Проблемы зоокультуры и экологии: сб. науч. тр. – М.: ГАУ «Московский зоопарк»: ЕАРАЗА, 2021. – Вып. 5. – С. 64–69.
20. *Веремеева С.А., Краснолобова Е.П., Козлова С.В.* Параметрические особенности пищеварительной системы лебедей-кликунов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 190–193.
21. *Веремеева С.А., Краснолобова Е.П., Козлова С.В.* Морфометрические особенности внутренних органов лебедей-кликунов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 171–175.

22. *Case-Method* in the structure of training the veterinary physician / O.N. Goncharenko, E.P. Krasnolobova, N.A. Cheremenina [et al.] // Astra Salvensis. – 2018. – Vol. 6. – P. 647–655.
23. *Хонин Г.А., Барашкова С.А., Семченко В.В.* Морфологические методы исследования в ветеринарной медицине: учеб. пособие. – Омск: Обл. тип., 2004. – 198 с.
24. *Краснолобова Е.П., Веремеева С.А., Черменина Н.А.* Патоморфологические особенности внутренних органов попугая при аспергиллезе // Вестник КрасГАУ (Красноярский государственный аграрный университет). – 2021. – № 12 (177). – С. 179–184. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-179-184.

REFERENCES

1. Afonyushkin V.N., Davydova N.V., Tromenshleger I.N., Mishukova O.V., Kozlova Yu.N., Cherepushkina V.S., Mironova T.E., Klemeshova I.Yu., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2020, No. 1, pp. 48–55. (In Russ.)
2. Arne P., Risko-Kastil'o V., Zhuvion G., Barzik K.L., Giio Dzh., *Zhurnal gribov*, 2021, No. 3, pp. 7. (In Russ.)
3. Drozdova L.I., Zhenikhova N.I., Kundryukova U.I., Popkov E.I., *Patomorfogenez mikozov ekzoticheskikh, sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i ptits* (Pathomorphogenesis of mycoses of exotic, farm animals and birds), Ekaterinburg: Ural'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022, 172 p.
4. El Ghani., Avian aspergillosis: a potential occupational zoonotic mycosis, especially in Egypt, *Advances in zootechnics and veterinary medicine*, Western Asia, 2019, No. 10, pp. 1564–1575.
5. Kano R., Tsunoi M., Nakaya Yu., Nagamin T., Ono K., *Zhurnal veterinarnoi meditsiny*, 2021, No. 83 (1), pp. 28–30. (In Russ.)
6. Kozlova S.V., *Integratsiya nauki i praktiki dlya razvitiya agropromyshlennogo kompleksa* (Integration of science and practice for the development of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, 2019, pp. 128–131. (In Russ.)
7. Novikova O.B., Nikitina N.V., Pavlova M.A., Karpova O.S., Bartenev A.A., *Domashnyaya ptitsa*, 2019, No. 11–12, pp. 93–99. (In Russ.)
8. Novikova O.B., Nikitina N.V., Pavlova M.A. [i dr.], *Ptitsevodstvo*, 2019, No. 11–12, pp. 93–99. (In Russ.)
9. Aleksandrova S.S., Bakharev A.A., Simonov O.A. [i dr.], *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 2020, No. 5, pp. 35–44. (In Russ.)
10. Drozdova L.I., Zhenikhova N.I., Badova O.V., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2014, No. 12, pp. 17–20. (In Russ.)
11. Domatsky Vn., Sivkova Ei., Parasitic reverse zoonosis in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Russian Federation), *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, Vol. 11, No. 2, pp. 340–345.
12. Denning D.W., Cadranel J., Beigelman;Aubry C., Ader F., Chakrabarti A., Blot S., Ullmann A.J., Dimopoulos G., Diagnosis and treatment of chronic pulmonary aspergillosis: clinical guidelines of the European Respiratory Society and the European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases, *Pulmonology*, 2016, 26 p.
13. Kozlova S.V., Krasnolobova E.P., Veremeeva S.A., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2020, No. 1, pp. 36–38. (In Russ.)
14. Krasnolobova E.P., Kozlova S.V., Veremeeva S.A., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 1 (68), pp. 153–158. (In Russ.)
15. Lagerquist J.E., Davison M., Foreith W.J., Lead poisoning and other causes of death of trumpeter swans (Cygnus buccinator) and tundra swans (C. columbianus) in western Washington state, *J. Wildl Dis*, 1994, No. 30, pp. 60–64.
16. Degernes L.A., Frank R.K., Causes of death of trumpeter swans (Cygnus buccinator) in Minnesota, 1986–1989 game, 1991, App. 1, pp. 352–355.
17. Astorga R.J., Cubero M.J., Leon L. et al., Serological study of waterfowl infections in the swamps of Guadalquivir (Spain), *Avian Dis*, 1994, Vol. 38, pp. 371–375.
18. Souza M.J., Degernes L.A., Wild swan deaths from aspergillosis in northwest Washington state 2000-2002, *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 2005, No. 2, pp. 98–106.
19. Kuznetsova M.A., Nesterenko O.N., *Problemy zookul'tury i ekologii* (Problems of zooculture and ecology), Proceedings of the Conference Title, Moscow: GAU «Moskovskii zoopark»; EARAZA, 2021, Vip. 5, pp. 64–69. (In Russ.)

20. Veremeeva S.A., Krasnolobova E.P., Kozlova S.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 4 (78), pp. 190–193. (In Russ.)
21. Veremeeva S.A., Krasnolobova E.P, Kozlova S.V., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 1, pp. 171–175. (In Russ.)
22. Goncharenko O.N., Krasnolobova E.P., Cheremenina N.A. [et al.], Case-Method in the structure of training the veterinary physician, *Astra Salvensis*, 2018, Vol. 6, pp. 647–655.
23. Khonin G.A., Barashkova S.A., Semchenko V.V., *Morfologicheskie metody issledovaniya v veterinarnoi meditsine* (Morphological research methods in veterinary medicine), Omsk: Omskaya oblastnaya tipografiya, 2004, 198 p.
24. Krasnolobova, E.P., Veremeeva S.A., Cheremenina N.A., *Vestnik KrasGAU (Krasnoyarsk State Agrarian University)*, 2021 No. 12 (177), pp. 179–184, DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-179-184. (In Russ.)

УДК 636.9, 595.772
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-213-224

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОНЕ ЛИЧИНОК *HERMETIA ILLUCENS* НА АККУМУЛЯЦИЮ БЕЛКА И ПРИРОСТ БИОМАССЫ

[1]**К.Г. Кузнецова,** младший научный сотрудник

[1]**Е.В. Мечтаева,** младший научный сотрудник

[1]**А.А. Мещеряков,** кандидат химических наук, младший научный сотрудник

[1]**А.З. Журавлева,** кандидат ветеринарных наук, заместитель директора

[2]**А.Д. Чернов,** заместитель руководителя

[1]**Г.П. Котова,** лаборант-исследователь

[1]**В.Ю. Ситнов,** директор

[1]**Д.С. Рябухин,** кандидат химических наук, заведующий лабораторией

[1]ВНИИ пищевых добавок – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Санкт-Петербург, Россия

[2] Северо-Западная испытательная лаборатория, ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: k.kuznetsova@fncps.ru

Ключевые слова: личинки черной львинки, *Hermetia illucens*, биоконверсия, рацион кормления, накопление белка.

Реферат. *С ростом объемов образования пищевых и сельскохозяйственных отходов возникает необходимость поиска новых способов их утилизации. Одной из перспективных технологий является биоконверсия отходов личинками мухи черной львинки (Hermetia illucens). Они способны трансформировать низкоценное сырье в богатую белком и жиром энтомологическую биомассу, которая может использоваться как сырье при производстве кормов для сельскохозяйственных животных, птицы и аквакультуры. Для совершенствования данной технологии и повышения ее эффективности необходимо проводить исследования в области подбора оптимальных рационов кормления личинок черной львинки. Целью настоящего исследования является анализ влияния высокобелковых экспериментальных рационов с добавлением рыбной муки (РМ) на аккумуляцию белка и жира в личинках, а также на прирост энтомологической биомассы и скорость достижения личинками предкуколочной стадии. В рамках эксперимента смоделированы рационы из пшеничных отрубей с разным содержанием рыбной муки (РМ 5%; 15%; 30%), в качестве контроля использовали диету, состоящую из пшеничных отрубей без добавления рыбной муки. Кроме того, для сравнения личинок выращивали и на стандартном рационе – курином корме (КК). Субстрат из пшеничных отрубей без добавления рыбной муки использовали как контрольный рацион (КР). Полученные результаты свидетельствуют о том, что максимальный прирост энтомологической биомассы наблюдался у личинок на рационе из куриного корма. Наибольшее содержание белка в личинках зафиксировано при выращивании насекомых на высокобелковых рационах с добавлением рыбной муки в количестве 15 и 30% и составило 53,31±0,67 и 54,33±1,02% соответственно по сухому веществу. Наибольшее содержание жира выявлено на контрольном рационе без белковой добавки – 41,57±1,75%. Скорость развития личинок на смоделированных рационах оценивалась в последний день эксперимента по количеству предкуколок. Наибольшее количество предкуколок наблюдалось на РМ 15% и РМ 30% и составило 13,38±3,42 и 11,52±3,87% соответственно. Самый высокий коэффициент конверсии корма BER (Bioconversion Efficiency Rate) составил 33,29±3,54% на курином корме. Наиболее значимыми нутриентами, количество которых надо учитывать при моделировании рационов, являются белки и углеводы.*

INFLUENCE OF PROTEIN SUPPLEMENT IN THE DIETS OF LARVAE *HERMETIA ILLUCENS* ON PROTEIN ACCUMULATION AND BIOMASS GROWTH

[1] **K.G. Kuznetsova,** Junior researcher

[1]**E.V. Mechtaeva,** Junior researcher

[1]**A.A. Meshcheryakov,** PhD in Chemical Sciences, Junior Researcher

[1]**A.Z. Zhuravleva,** PhD in Veterinary Sciences, Deputy Director

[2]**A.D. Chernov,** Deputy Head

[1]**G.P. Kotova,** Research Assistant

[1]**V.Yu. Sitnov,** Director

[1]**D.S. Ryabukhin,** PhD in Chemical Sciences, Head of Laboratory

[1]RSRI of Food Additives – the Federal Scientific Center for Food Systems branch named after V.M. Gorbatov" RAS, St. Petersburg, Russia

[2] North-Western Testing Laboratory, Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Animal Health", St. Petersburg, Russia

E-mail: k.kuznetsova@fncps.ru

Keywords: Black Soldier Fly larvae, Hermetia illucens, bioconversion, feed ration, protein accumulation.

Abstract. *With the enormous increase in food and agricultural residues, there is a need to find new ways to dispose of the waste. One of the promising technologies is the bioconversion of organic waste by Hermetia illucens larvae or Black Soldier fly (BSF) larvae. BSF larvae can transform low-value raw materials into protein- and fat-rich entomological biomass, which can be used as raw material to produce feed for livestock, poultry, and aquaculture. To improve this technology and increase bioconversion efficiency, research into the selection of optimal feed rations for BSF larvae is necessary. This study aims to analyze the effect of high-protein experimental diets fortified with fish meal (FM) on protein and fat accumulation in larvae, entomological biomass growth, and larvae's growth rate in achieving the pre-pupal stage. As part of the experiment, dieting wheat bran with different fish meal contents (5%, 15%, 30%) was modelled, and a diet consisting of wheat bran was used as the control diet (CD). Larvae were also reared on a standard diet, chicken feed (CF), for comparison. The results indicate that larvae reared on CF observed the maximum entomological biomass growth rate. The highest protein content in larvae was found when insects were raised on high-protein diets with fish meal at 15% and 30% and was 53.31±0.67% and 54.33±1.02% in dry matter, respectively. The highest fat content was found on the control diet fed without protein supplement – CD (41.57±1.75%). The larval development rate on the modelled diets was assessed on the last day of the experiment by the number of pre-pupae. The highest number of pre-pupae was obtained on FM 15% and FM 30% and was 13.38±3.42% and 11.52±3.87%, respectively. The highest feed conversion BER (Bioconversion Efficiency Rate) was 33.29±3.54% at CF. Proteins and carbohydrates are the most significant nutrients when modelling feed rations.*

Численность населения мира растет экспоненциально и к 2050 г. может превысить 9,8 млрд человек [1]. Устойчивое достижение продовольственной безопасности представляет собой важную задачу с точки зрения поиска новых продовольственных и сельскохозяйственных ресурсов и сокращения количества органических отходов [2, 3].

В связи с важностью проблемы образования пищевых отходов Организация Объединенных Наций в 2015 г. представила глобальную повестку для достижения устойчивого управления пищевыми отходами через Цели устойчивого развития, из которых Цель 12 гласит, что количество пищевых отходов на душу населения должно быть сокращено вдвое к 2030 г. [4]. Для достижения этой цели необходимо использовать новые способы утилизации отходов.

Черная львинка (*Hermetia illucens*) относится к семейству львинок (Stratiomyidae), в дикой природе встречается в тропических и субтропических регионах. Преимуществами выращивания черной львинки являются короткий жизненный цикл, который длится от 36 до 52 дней [5, 6], и способность успешно утилизировать широкий спектр вторичных сырьевых ресурсов [7, 8], к которым относятся: фрукты [9], отходы скотобоен [5, 10], навоз [11], куриный помет [12]. Энтомологическая биомасса личинок черной львинки содержит высокий уровень белка и жира по сравнению с другими видами съедобных насекомых [13, 14]. Побочным продуктом биоконверсии отходов является и биогумус, являющийся органическим удобрением пролонгированного действия [15]. Поэтому черная львинка – перспективный инструмент для создания инфраструктуры по утилизации пищевых отходов в любом регионе мира [10].

Разработка инновационных, экономически эффективных и экологически чистых технологий, таких как разведение съедобных насекомых на органических отходах в качестве альтернативных источников белка, приобретает важное значение, поскольку они являются перспективной и устойчивой альтернативой животным и

растительным источникам белка для кормовых целей [16 – 19].

Одним из предполагаемых преимуществ насекомых перед традиционными сельскохозяйственными животными является их более высокая эффективность в конверсии корма. Однако она зависит от нескольких факторов: во-первых, от потребляемого рациона, во-вторых, от вида насекомого: из-за различий в пищеварительных системах и потребностях в питательных веществах один и тот же рацион может приводить к разной эффективности конверсии корма у разных видов насекомых [20].

Подбор оптимального рациона, подходящего по нутриентному составу, является перспективным направлением исследований, потому что позволит повысить эффективность биоконверсии органических отходов и достичь большего содержания белка и жира в энтомологической биомассе [21]. P. Gobbi и соавт. рассматривали влияние смоделированных рационов питания, состоящих из куриного корма, мясокостной муки и их смеси, на личинок мухи черной львинки [22]. Однако в этом исследовании авторы ставили перед собой цель проанализировать влияние рационов питания на развитие имаго и плодовитость самок.

Аналогичные исследования проводились в отношении личинок кукурузного стеблевого мотылька (*Helicoverpa zea*). C.A. Deans и соавт. [23] описали влияние рациона с высоким содержанием белка и углеводов на скорость роста и нутриентный состав насекомого. Это исследование имеет прикладную значимость в области разработки оптимальных рационов питания для насекомых, однако стеблевой мотылек не выращивается в промышленных масштабах для утилизации отходов и получения альтернативных кормовых продуктов.

J.A. Cammack и соавт. [24] также рассматривали влияние белков и углеводов в рационе кормления на жизненный цикл и яйценоскость мухи черной львинки.

Целью данного исследования являлось изучение влияния высокобелковых экспериментальных рационов кормления на личинок чёрной львинки. В задачи работы входило определение влияния состава рациона питания на скорость развития личинок мухи черная львинка, анализ накопления белка и прироста биомассы, оценка эффективности конверсии корма при разных рационах кормления. Данное исследование вносит вклад в повышение экономической эффективности выращивания энтомологической биомассы личинок данного вида насекомого.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперимент проводился на базе лаборатории промышленных биотехнологических инноваций Всероссийского научно-исследовательского института пищевых добавок. Яйца личинок изначально помещали в исследуемые рационы в контейнеры 5 х 6 х 10 см, в них проходила инкубация яиц при температуре 27 ± 2 °С и относительной влажности 70% в лабораторном термостате ТС-80 (Россия). Для каждого рациона проводилось три параллельных эксперимента. После вылупления личинок все контейнеры переместили из инкубатора в специальную климатическую комнату площадью 2,25 м^2 и выдерживали при температуре 25 ± 2°С и относительной влажности 55±5%; фотопериод составил 12 : 12 ч (день : ночь). На восьмой день эксперимента личинок переселили в более крупные контейнеры 15 х 20 х 30 см.

Для данного эксперимента были подготовлены рационы, состоящие из отрубей пшеничных (ГОСТ 7169–2017 Отруби пшеничные. Технические условия) с разным содержанием белковой добавки – рыбной муки (РМ, ГОСТ 2116–2000 Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия): РМ 5% – отруби пшеничные с замещением 5% массы рыбной мукой; РМ 15% – рацион с замещением 15% массы отрубей рыбной мукой; РМ 30% – замещение 30% массы отрубей рыбной мукой. В качестве контрольного рациона (КР) использовали пшеничные отруби, кроме того, в данном исследовании применяли куриный корм (КК, ГОСТ 18221–2018 Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы) в качестве рациона сравнения.

В сумме каждый экспериментальный рацион состоял из 580 г корма по сухой массе и 1160 г воды.

В табл. 1 представлен состав рационов с низкой, средней и высокой концентрацией белковой добавки. Содержание макронутриентов рассчитано на основании данных, полученных от компаний-производителей.

Таблица 1

Состав экспериментальных рационов, %
Composition of experimental diets, %

Показатели	КР	КК	РМ 5%	РМ 15%	РМ 30%
Белки	16	14	19	24	32
Жиры	4	3	4	5	6
Углеводы	17	15	16	14	12

Измерение массы личинок чёрной львинки проводили для каждой повторности 4 раза в течение всего периода эксперимента: на 5, 8, 10 и 15-й дни жизни личинок. Для этого из каждого из 16 контейнеров отбирали аликвоту 25–35 личинок, которых отделяли от субстрата, промывали на сите, удаляли излишки воды фильтровальной бумагой и взвешивали на лабораторных весах AND GX-800 (Япония) с точностью до 0,001 г. После взвешивания личинок возвращали в тот же контейнер, откуда доставали.

В конце эксперимента всех личинок вынимали из субстрата с помощью просеивания через сито с размером ячеек 3 мм, далее биомассу промывали, подсушивали с помощью фильтровальной бумаги и взвешивали.

Предкуколки черной львинки были отделены от личиночной биомассы, взвешены и подсчитаны. Кроме этого, конечную массу биогумуса измеряли взвешиванием на лабораторных весах ADAM HCB-2202 (Великобритания) с точностью 0,01 г.

Образцы личинок, предкуколок и зоогумуса были собраны, расфасованы и заморожены при –18 °С для проведения дальнейших анализов.

Для измерения прироста биомассы в последний день использовали только тех особей, которые еще не начали окукливание и переход на стадию предкуколки, это позволило определить истинную массу личинок, так как во время окукливания черная львинка теряет массу, помимо этого, на стадии окукливания меняется и ее нутриентный состав [25].

Состав личинок черной львинки, выращенных на исследуемых субстратах, определяли с использованием следующих методик: сырой жир – по ГОСТ 13496.15–2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира; содержание сырого протеина – по ГОСТ 13496.4–2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье, для перерасчета общего белка был применен коэффициент 6,25; влагу в анализируемых образцах – по ГОСТ Р 54951–2012 Корма для животных. Определение содержания влаги.

Эффективность биоконверсии каждой экспериментальной диеты рассчитана с поправкой на остаточный биогумус (BER – Bioconversion Efficiency Rate) по формуле [26]

$$BER = \frac{L_{конеч} - L_{нач}}{D_{нач} - R_{конеч}} \times 100$$

где $D_{нач}$ – начальное количество субстрата, г; $R_{конеч}$ – конечное количество субстрата (биогумуса), г; $L_{конеч}$ – конечная масса личинок, г; $L_{нач}$ – начальная масса личинок, г.

Для прироста биомассы рассчитано среднее арифметическое результатов трёх параллельных экспериментов и стандартное отклонение; для показателей общего жира, белка и содержания влаги стандартная ошибка среднего. Однофакторный дисперсионный анализ ($P \leq 0,05$) проводили для определения статистически значимых различий полученных показателей белка, жира, а также прироста биомассы на разных рационах кормления. Для обнаружения зависимости между макронутриентами в экспериментальных диетах и макронутриентами в личинках проводили корреляционный анализ. Все расчеты проведены с применением программного компонента Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Измерение массы личинок проводилось 4 раза за весь период проведения эксперимента. Первый раз их массу измеряли на 5-й день жизни, второе измерение массы осуществлялось на 8-й день жизни, далее измерение провели на 10-й день жизни, последним днем эксперимента был 15-й день жизни личинок. На рис. 1 представлена диаграмма изменения средней сырой массы личинки в перерасчете на одну особь на каждом из экспериментальных рационов питания, значения указаны со стандартным отклонением.

На 5-й день средняя масса особи на исследуемых рационах составила: КР = 5,08±0,80 мг; КК = 3,79±1,66; РМ 5% = 10,85±0,64; РМ 15% = 12,73±1,95; РМ 30% = 9,39±6,36 мг (n=3; $F>F_{кр}$; P=0,0024); на 8-й день эксперимента наблюдались незначительные изменения в приросте биомассы личинок: КР = 24,27±6,13 мг; КК = 20,23±4,07; РМ 5% = 31,94±11,43; РМ 15% = 38,42±16,89; РМ 30% = 40,91±15,03 мг (n=3; $F<F_{кр}$; P=0,2058), статистически значимых различий не обнаружено. На 10-й день КР = 58,76±11,43 мг; КК = 41,03±7,13; РМ 5% = 81,75±22,64; РМ 15% = 88,89±12,66; РМ 30% = 109,34±14,40 мг (n=3; $F> F_{кр}$; P= 0,0016). В последний день эксперимента проведено заключительное взвешивание, средняя биомасса одной особи составила: КР = 132,58±19,12 мг; КК = 136,76±6,36; РМ 5% = 110,96±19,70; РМ 15% = 104,11±24,00; РМ 30% = 124,52 мг (n=3; $F<F_{кр}$ P= 0,2035). При анализе прироста биомассы личинок на рационах питания с повышенным содержанием белка статистически значимых различий в конце эксперимента не обнаружено.

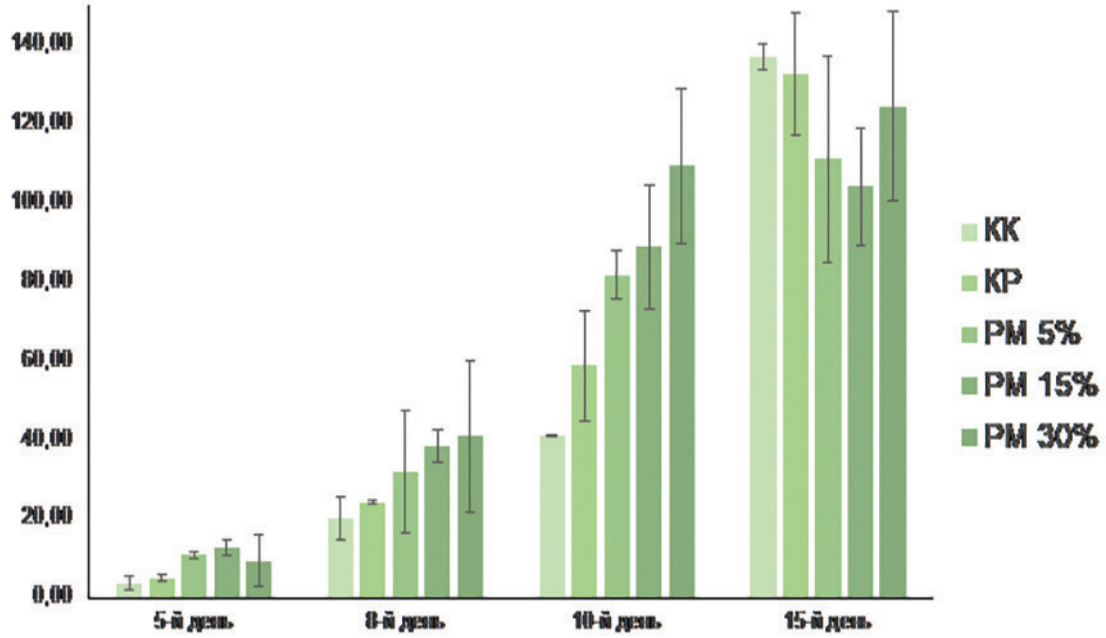


Рис. 1. Изменение средней массы особи на исследуемых рационах питания (значение ± стандартное отклонение)

Change in the average weight of an individual on the studied diets (value ± standard deviation)

При увеличении содержания белка в рационах черной львинки наблюдалось уменьшение влажности личинок (n=3; $F> F_{кр}$; P= 0,0005) (табл. 2). Коэффициент корреляции (r= -0,65) указывает на наличие отрицательной линейной зависимости содержания влаги в личинке от количества белка в рационе. Таким образом, мы можем говорить об увеличении плотности личинок на рационах с высоким содержанием белка.

Личинки, которые росли на диете с повышенным содержанием жира и белка (РМ 5%; РМ 15%; РМ 30%) имели невысокую концентрацию жира (n=3; $F> F_{кр}$; P=0,0005). Зависимости между содержанием жира в рационах питания и жиром в личинках не обнаружено (r= -0,25).

Таблица 2

Среднее содержание белка, и жира (на сухое вещество) и влаги в личинках и стандартная ошибка среднего при n=3, %

Average protein, fat (dry matter) and moisture content in larvae and standard error of the mean at n=3, %

Рацион	Общий жир, %		Белок, %		Влага, %	
	значение	SE	значение	SE	значение	SE
КР	41,57	1,75	48,97	4,08	70,28	0,86
КК	26,52	0,53	41,37	1,57	72,39	0,80
РМ 5%	28,02	0,21	51,65	0,65	69,79	1,25
РМ 15%	26,52	2,51	53,31	0,67	69,92	0,39
РМ 30%	25,97	1,25	54,33	1,02	66,93	2,23

Самая высокая концентрация жира наблюдалась в рационе РМ 30%, а самая низкая – в КР, однако наибольшее содержание сырого жира выявлено у личинок, которые росли на контрольной диете (КР), что может быть связано с повышенным содержанием углеводов в этом рационе (согласно табл. 1). Корреляционный анализ показал наличие прямой зависимости, подтверждающей, что возрастание содержания углеводов в корме приводит к увеличению содержания жира в личинках (r=0,73). К похожему выводу пришли S.V. Leong с соавт. [29], которые констатировали, что на содержание жира в личинках черной львинки не влияет концентрация жира в рационе.

В исследовании метаболической адаптации жирового тела личинок черной львинки к рационам кормления обнаружено, что диета с более низким содержанием белка и жира приводила к уменьшению белковых гранул в теле черной львинки и, наоборот, к увеличению жировых гранул [30], что частично соответствует полученным нами результатам, так как на контрольном рационе с пониженным содержанием жира и белка КР отмечено самое большое количество жира в личинке.

Полученные данные соотносятся с утверждением, что питательный состав рационов может оказывать влияние на нутриентный состав личинок мухи черной львинки [27, 28]. Однако влияния белка в рационе на прирост энтомологической биомассы не обнаружено.

Концентрация сырого белка в личинках варьировала от 40 до 55% по сухому веществу (см. табл. 2). Наибольшее содержание сырого протеина наблюдалось в личинках, которые росли на субстрате РМ 30%, однако оно незначительно превышает содержание белка на РМ 15%. В настоящем исследовании показано, что количественное содержание сырого белка в личинах мухи черная львинка зависит от количества белка в рационе (n=3; $F > F_{кр}$; P=0,0047), об этом также свидетельствует прямая умеренная корреляция (r=0,758). Полученные результаты соответствуют выводам D. Beesigamukama [15]. T. Spranghers [31] обнаружили аналогичное содержание белка в диапазоне от 40 до 43% по сухому веществу у личинок, питавшихся кормами с содержанием белка в диапазоне от 9 до 25% по сухому веществу.

К таким же выводам пришли T.T. Nguyen и соавт. [32]. В их работе показано, что личинки, питавшиеся высокобелковыми диетами животного происхождения, имеют гораздо более высокое содержание белка, чем личинки, питавшиеся растительными отходами.

M. Tschirner и A. Simon [33] представили противоположный результат: в их исследовании содержание сырого протеина было выше (52,3% по сухому веществу) у личинок, которых кормили рационом с наименьшим содержанием сырого протеина (8,5% сухому веществу).

Скорость развития личинок оценивали по количеству особей, перешедших на стадию предкуколки, в последний день эксперимента (табл. 3).

Таблица 3

Количество предкуколок на каждом рационе питания в последний день эксперимента и стандартная ошибка среднего при n=3
Number of prepupae on each diet on the last day of the experiment and standard error of the mean at n=3

Рацион питания	Количество предкуколок, %	
	значение	SE
КР	4,50	0,35
КК	0,26	0,12
РМ 5%	9,68	2,83
РМ 15%	13,38	3,42
РМ 30%	11,52	3,87

К концу эксперимента наибольшее количество предкуколок наблюдалось на рационах РМ 15% (13,38±3,42%) и РМ 30% (11,52±3,87%), проведенный однофакторный дисперсионный анализ подтвердил, что различия в процентном количестве предкуколок на каждом рационе питания являются статистически значимыми (n=3, P=0,0306). Это может свидетельствовать о более коротком времени развития и быстром переходе на следующую стадию жизненного цикла.

К похожим результатам о влиянии рациона кормления на количество предкуколок пришли D.G. Oonincx и соавт. [34]. У личинок черной львинки, при кормлении побочными продуктами с высоким содержанием белка время развития было короче (21 день), чем у личинок, выращиваемых на низкобелковой диете (37 дней). В исследованиях A. Scala и др. [28], а также P. Simon и соавт. [35] отмечена схожая зависимость: увеличение времени развития личинок и более длительный прирост биомассы на субстратах с низким содержанием белка.

Средняя масса и влажность биогумуса, а также эффективность биоконверсии корма с поправкой на биогумус (BER), полученный в процессе биоконверсии экспериментальных рационов питания, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели биоконверсии экспериментальных рационов кормления
Bioconversion indicators of experimental feeding rations

Рацион питания	Средняя масса биогумуса, г		Влага в биогумусе, %		BER, %	
	Значение	SE	Значение	SE	Значение	SE
КР	345,06	18,59	63,32	1,03	18,20	1,99
КК	404,60	51,63	57,21	4,27	33,29	3,54
РМ 5%	381,14	14,29	56,72	3,05	23,68	2,76
РМ 15%	426,20	30,07	56,01	3,87	26,54	2,33
РМ 30%	313,36	25,04	30,00	2,99	26,15	2,83

Наиболее высокая эффективность биоконверсии выявлена у личинок, которые росли на диете КК, наименее эффективным оказался контрольный рацион. Сравнительно высокие показатели биоконверсии отмечены на высокобелковых рационах питания РМ 15% и РМ 30%.

ВЫВОДЫ

1. Самый высокий прирост биомассы к последнему дню эксперимента наблюдался на рационе питания КК (136,76±6,36 мг) с низким содержанием белка в субстрате (14%), что может быть связано с более быстрым переходом личинок, которые росли на рационах с добавлением рыбной муки, на стадию предкуколки.

2. Исходя из количества особей, которые начали окукливание, можно сделать вывод о влиянии рациона на скорость развития личинок. Чем больше личинок начали переход на следующую стадию жизненного цикла к последнему дню эксперимента, тем быстрее они развивались на данном рационе. В этом иссле-

довании наибольшее количество предкуколок выявлено на РМ 15% (13,38±3,42%) и РМ 30% (11,52±3,87%).

3. Содержание жира в рационах личинок не влияло на содержание жира в самих личинках, но, возможно, оно влияет на жирно-кислотный состав черной львинки. Самое высокое содержание жира (41,57±1,75%) наблюдалось у личинок на контрольном рационе с самой высокой концентрацией углеводов.

4. При увеличении концентрации белка в рационе наблюдалось увеличение содержания белка в личинках, самое высокое содержание составило 54,33±1,02% на рационе питания с 32% белка (РМ 30%).

5. Наиболее эффективным рационом с точки зрения показателя биоконверсии BER является рацион КК, а самые низкие значения BER у РМ 15% – 26,54% и РМ 30% – 26,15%.

6. Выводы, полученные в ходе настоящего исследования, позволят подобрать оптимальный рацион питания для повышения экономической эффективности технологии биоконверсии и оптимизировать процесс получения энтомологической биомассы с высоким содержанием белка и жира для использования в кормовом производстве.

Коллектив авторов благодарит Сутулу Глеба Игоревича и Мелякова Михаила Алексеевича за участие в подготовке и проведении эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *World* Population Prospects: The 2017 Revision, UN DESA. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html (дата обращения: 10.06.2023).
2. *Livestock* and the environment: what have we learned in the past decade? / M. Herrero, S. Wirsenius, B. Henderson [et al] // Annual Review of Environment and Resources. – 2015. – Vol. 40. – P. 177–202. – https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503.
3. *Tallentire C.W., Mackenzie S.G., Kyriazakis I.* Can novel ingredients replace soybeans and reduce the environmental burdens of European livestock systems in the future? // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 187. – P. 338–347. – https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.212.
4. *Цели* в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения: 15.06.2023).
5. *Effects* of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*) / C. Lalander, S. Diener, C. Zurbrügg [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 208. – P. 211–219. – https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017.
6. *Marshall S.A., Woodley N.E., Hauser M.* The historical spread of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae, Hermetiinae), and its establishment in Canada // The Journal of the Entomological Society of Ontario. – 2015. – Vol. 146. – P. 51–54.
7. *Mutafela R.N.* High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: onsite pilot study // Master of Science Thesis. – Stockholm, 2015. – 73 p.
8. *Growth* of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on organic-waste residues and its application as supplementary diet for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) / R. Pérez-Pacheco, D. Hinojosa-Garro, F. Ruíz-Ortíz [et al.] // Insects. – 2022. –Vol. 13 (4). – P. 326. – https://doi.org/10.3390/insects13040326.
9. *Black* soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing / S.A. Siddiqui, B. Ristow, T. Rahayu [et al] // Waste Management. – 2022. – Vol. 140. – P. 1–13. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044.
10. *Biological* treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae / S. Diener, N.M. Studt Solano, F. Roa Gutiérrez [et al] // Waste and Biomass Valorization. – 2011. – Vol. 2. – P. 357–363. – https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1.
11. *Development* of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure / H.M. Myers, J.K. Tomberlin, B.D. Lambert [et al] // Environmental entomology. – 2014. – Vol. 37 (1). – P. 11–15. – https://doi.org/10.1093/ee/37.1.11.
12. *Fatchurochim S., Geden C.J., Axtell R.C.* Filth fly (Diptera) oviposition and larval development in poultry manure of various moisture levels // Journal of Entomological Science. – 1989. – Vol. 24 (2). – P. 224–231. – https://doi.org/10.18474/0749-8004-24.2.224.

13. *Biodiesel* production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes / L. Zheng, Y. Hou, W. Li [et al.] // Energy. – 2012. – Vol. 47 (1). – P. 225–229. – https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.006.
14. *Barragan-Fonseca K.B., Dicke M., van Loon J.J.* Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed–a review // Journal of Insects as Food and Feed. – 2017. – Vol. 3 (2). – P. 105–120. – https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055.
15. *Low-cost* technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly / D. Beesigamukama, B. Mochoge, N.K. Korir [et al.] // Waste Management. – 2021. – Vol. 119. – P. 183–194. – https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.043.
16. *State-of-the-art* on use of insects as animal feed / H.P. Makkar, G. Tran, V. Heuzé [et al.] // Animal feed science and technology. – 2014. – Vol. 197. – P. 1–33. – https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.00.
17. *A value-added* manure management system using the black soldier fly / D.C. Sheppard, G.L. Newton, S.A. Thompson [et al.] // Bioresource technology. – 1994. – Vol. 50 (3). – P. 275–279. – https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3.
18. *Partial* or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality / A. Schiavone, M. Cullere, M. De Marco [et al.] // Italian Journal of Animal Science. – 2017. – Vol. 16 (1). – P. 93–100. – https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968.
19. *Производство* биотехнологического продукта на питательной среде из растительного сырья / В.Б. Цугкиева, Л.Б. Дзантиева, Л.Х. Тохтиева [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № (3). – С. 76–82. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-64-3-76-82.
20. *Cohen A.C.* Insect diets: science and technology // CRC press. – 2015. – 344 p. – https://doi.org/10.1201/b18562.
21. *Oonincx D.G.* Insects as Food for Insectivores. Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens. – London, UK: Academic Press. – 2014. – 616 p. – https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00017-0.
22. *Gobbi P., Martinez-Sanchez A., Rojo S.* The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) // European Journal of Entomology. – 2013. – Vol. 110 (3). – P. 461. – https://doi.org/10.14411/eje.2013.061.
23. *Deans C.A., Sword G.A., Behmer S.T.* Revisiting macronutrient regulation in the polyphagous herbivore *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae): New insights via nutritional geometry // Journal of insect physiology. – 2015. – Vol. 81. – P. 21–27. – https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.06.015.
24. *Cammack J.A., Tomberlin J.K.* The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) // Insects. – 2017. – Vol. 8 (2). – P. 1–14. – https://doi.org/10.3390/insects8020056.
25. *Diener S., Zurbrügg C., Tockner K.* Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates // Waste Management & Research. – 2009. – Vol. 27 (6). – P. 603–610. – https://doi.org/10.1177/0734242X0910383.
26. *Standardisation* of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae / G. Bosch, D.G. Oonincx, H.R. Jordan [et al.] // Journal of Insects as Food and Feed. – 2020. – Vol. 6 (2). – P. 95–109. – https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0004.
27. *Effect* of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / M. Meneguz, A. Schiavone, F. Gai [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2018. – Vol. 98 (15). – P. 5776–5784. – https://doi.org/10.1002/jsfa.9127.
28. *Rearing* substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale / A. Scala, J.A. Cammack, R. Salvia [et al.] // Scientific reports. – 2020. – Vol. 10 (1). – P. 1–8. – https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8.
29. *Comparative* study on the effect of organic waste on lauric acid produced by *Hermetia illucens* larvae via bioconversion / S.Y. Leong, S.R.M. Kutty, C.K. Tan [et al.] // Journal of Engineering Science and Technology. – 2015. – Vol. 8. – P. 52–63.

30. *Metabolic* adjustment of the larval fat body in *Hermetia illucens* to dietary conditions / A.C. Pimentel, A. Montali, D. Bruno [et al.] // Journal of Asia-Pacific Entomology. – 2017. – Vol. 20 (4). – P. 1307–1313. – https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.09.017.
31. *Nutritional* composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates / T. Spranghers, M. Ottoboni, C. Klootwijk [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2017. – Vol. 97 (8). – P. 2594–2600. – https://doi.org/10.1002/jsfa.8081.
32. *Nguyen T.T., Tomberlin J.K., Vanlaerhoven S.* Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste // Environmental entomology. – 2015. – Vol. 44 (2). – P. 406–410. – https://doi.org/10.1093/ee/nvv002.
33. *Tschirner M., Simon A.* Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed // Journal of insects as food and feed. – 2015. – Vol. 1 (4). – P. 249–259. – https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008.
34. *Feed* conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products / D.G. Oonincx, S. Van Broekhoven, A. Van Huis [et al.] // PLOS One. – 2015. – Vol. 10 (12). – e0144601. – https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601.
35. *Simon P.P., Krüger R.F., Ribeiro P.B.* Influence of diets on the rearing of predatory flies of housefly larvae // Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. – 2011. – Vol. 63. – P. 1414–1420. – https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600019.

REFERENCES

1. *World Population Prospects: The 2017 Revision*, UN DESA. Available at: https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html.
2. Herrero M., Wirsenius S., Henderson B. et al., Livestock and the environment: what have we learned in the past decade? *Annual Review of Environment and Resources*, 2015, Vol. 40, pp. 177–202, https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503.
3. Tallentire C.W., Mackenzie S.G., Kyriazakis I., Can novel ingredients replace soybeans and reduce the environmental burdens of European livestock systems in the future? *Journal of Cleaner Production*, 2018, Vol. 187, pp. 338–347, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.212.
4. *Tseli v oblasti ustoichivogo razvitiya*, 2016: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/.
5. Lalander C., Diener S., Zurbrügg C. et al., Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (Hermetia illucens), *Journal of Cleaner Production*, 2019, Vol. 208, pp. 211–219, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017.
6. Marshall S.A., Woodley N.E., Hauser M., The historical spread of the black soldier fly, Hermetia illucens (L.) (Diptera, Stratiomyidae, Hermetiinae), and its establishment in Canada, *The Journal of the Entomological Society of Ontario*, 2015, Vol. 146, pp. 51–54.
7. Mutafela R.N. High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: onsite pilot study, *Master of Science Thesis*, Stockholm, 2015, 73 p.
8. Siddiqui S.A., Ristow B., Rahayu T. et al., Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing, *Waste Management*, 2022, Vol. 140, pp. 1–13, https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044.
9. Pérez-Pacheco R., Hinojosa-Garro D., Ruíz-Ortíz F. et al., Growth of the black soldier fly Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) on organic-waste residues and its application as supplementary diet for Nile Tilapia Oreochromis niloticus (Perciformes: Cichlidae), *Insects*, 2022, Vol. 13 (4), pp. 326. https://doi.org/10.3390/insects13040326.
10. Diener S., Studt Solano N.M., Roa Gutiérrez F. et al., Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae, *Waste and Biomass Valorization*, 2011, Vol. 2, pp. 357–363, https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1.
11. Myers H.M., Tomberlin J.K., Lambert B.D. et al., Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure, *Environmental entomology*, 2014, Vol. 37 (1), pp. 11–15, https://doi.org/10.1093/ee/37.1.11.
12. Fatchurochim S., Geden C.J., Axtell R.C., Filth fly (Diptera) oviposition and larval development in poultry manure of various moisture levels, *Journal of Entomological Science*, 1989, Vol. 24 (2), pp. 224–231, https://doi.org/10.18474/0749-8004-24.2.224.

13. Zheng L., Hou Y., Li W. et al., Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes, *Energy*, 2012, Vol. 47 (1), pp. 225–229, https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.006.
14. Barragan-Fonseca K.B., Dicke M., van Loon J.J., Nutritional value of the black soldier fly (Hermetia illucens L.) and its suitability as animal feed–a review, *Journal of Insects as Food and Feed*, 2017, Vol. 3(2), pp. 105–120, https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055.
15. Beesigamukama D., Mochoge B., Korir N.K. et al., Low-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly, *Waste Management*, 2021, Vol. 119, pp. 183–194, https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.043.
16. Makkar H.P., Tran G., Heuzé V. et al., State-of-the-art on use of insects as animal feed, *Animal feed science and technology*, 2014, Vol. 197, pp. 1–33, https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.00.
17. Sheppard D.C., Newton G.L., Thompson S.A. et al., A value-added manure management system using the black soldier fly, *Bioresource technology*, 1994, Vol. 50 (3), pp. 275–279, https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3.
18. Schiavone A., Cullere M., De Marco M. et al., Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.) fat in broiler diets: Effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics and meat quality, *Italian Journal of Animal Science*, 2017, Vol. 16 (1), pp. 93–100, https://doi.org/10.1080/1828051X.2016.1249968.
19. Tsugkieva V.B., Dzantieva L.B., Tokhtieva L.Kh., Doev D.N., Shabanova I.A., Datieva B.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2022, No. 3 (64), pp. 76–82, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-64-3-76-82. (In Russ.)
20. Cohen A.C., Insect diets: science and technology, *CRC press*, 2015, https://doi.org/10.1201/b18562.
21. Oonincx D.G.A.B., *Insects as Food for Insectivores. Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*, London, UK: Academic Press, 2013, 616 p.
22. Gobbi P., Martinez-Sanchez A., Rojo S., The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae), *European Journal of Entomology*, 2013, Vol. 110 (3), pp. 461, https://doi.org/10.14411/eje.2013.061.
23. Deans C.A., Sword G.A., Behmer S.T., Revisiting macronutrient regulation in the polyphagous herbivore Helicoverpa zea (Lepidoptera: Noctuidae): New insights via nutritional geometry, *Journal of insect physiology*, 2015, Vol. 81, pp. 21–27.
24. Cammack J.A., Tomberlin J.K., The impact of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae), *Insects*, 2017, Vol. 8 (2), pp. 56, https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.06.015.
25. Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K., Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates, *Waste Management & Research*, 2009, Vol. 27 (6), pp. 603–610.
26. Bosch G., Oonincx D.G.A.B., Jordan, H.R. et al., Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae, *Journal of Insects as Food and Feed*, 2020, Vol. 6 (2), pp. 95–109, https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0004.
27. Meneguz M., Schiavone A., Gai F., et al., Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018, Vol. 98 (15), pp. 5776–5784, https://doi.org/10.1002/jsfa.9127.
28. Scala A., Cammack J.A., Salvia R. et al., Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale, *Scientific reports*, 2020, 10 (1), pp. 19448, https://doi.org/10.1038/s41598-020-76571-8.
29. Leong S.Y., Kutty S.R.M., Tan C.K. et al., Comparative study on the effect of organic waste on lauric acid produced by Hermetia illucens larvae via bioconversion, *Journal of Engineering Science and Technology*, 2015, Vol. 8 (2015), pp. 52–63.
30. Pimentel A.C., Montali A., Bruno D. [et al.], Metabolic adjustment of the larval fat body in Hermetia illucens to dietary conditions, J*ournal of Asia-Pacific Entomology*, 2017, Vol. 20 (4), pp. 1307–1313, https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.09.017.
31. Spranghers T., Ottoboni M., Klootwijk C. et al., Nutritional composition of black soldier fly (Hermetia illucens) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 97 (8), pp. 2594–2600, https://doi.org/10.1002/jsfa.8081.

32. Nguyen T.T., Tomberli J.K., Vanlaerhoventy of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste, *Environmental entomology*, 2017, Vol. 44 (2), pp. 406–410, https://doi.org/10.1093/ee/nvv002.
33. Tschirner M., Simon A., Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed, *Journal of insects as food and feed*, 2015, Vol. 1 (4), pp. 249–259, https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008.
34. Oonincx D.G., Van Broekhoven S, Van Huis, A, et al., Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products, *PloS one*, 2015, Vol. 10(12), pp. e0144601, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601.
35. Simon P.P., Krüger R.F., Ribeiro P.B., Influence of diets on the rearing of predatory flies of housefly larvae. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2011, Vol. 63, pp. 1414–1420, https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600019.

УДК 636.5 + 632.959
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-225-232

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПТИЦЕВОДСТВА

[1]**П.Н. Мирошников**, исследователь
[1]**К.В. Жучаев**, доктор биологических наук, профессор
[1]**О.Н. Сороколетов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
[2]**В.А. Коробов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[1]**В.В. Евсюкова**, аспирант
[1]*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*
[2]*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия*
E-mail: petmir95@mail.ru

Ключевые слова*:* птичий помет, механохимическая переработка, стимулятор роста растений, качество и безопасность.

Реферат. *Промышленное птицеводство относится к одной из самых эффективно развивающихся отраслей сельского хозяйства благодаря высокой степени технологичности и автоматизации предприятий. Однако интенсивные темпы развития в птицеводстве приводят к ряду проблем, и одна из важнейших среди них – необходимость утилизации птичьего помета. На крупных птицефабриках может образовываться до 100 тыс. т помета в год, относящегося к 3-му классу опасности для окружающей среды. Вторичная переработка помета позволяет предприятию не только избежать штрафных санкций, но и получить дополнительную экономическую выгоду от реализации органических удобрений. Механохимические методы являются одними из самых доступных и эффективных способов переработки отходов животноводства. Их суть заключается в использовании химических реактивов для обеззараживания и переработки исходного сырья. Объектом исследования стал новый препарат со свойствами стимулятора роста, антидепрессанта, антистрессанта, полученный путем механохимической обработки сухого птичьего помета в кислой среде. Анализ параметров безопасности был проведен в двух аккредитованных лабораториях: агрохимической и ветеринарной. Агрохимическая лаборатория исследовала такие показатели, как массовая доля сухого и органического вещества, показатель активности водородных ионов (pH), массовая доля питательных веществ, содержание токсичных элементов и наличие радионуклидов. Анализы ветеринарной лаборатории включали такие группы показателей, как паразитарная чистота, санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели. Показано, что основные показатели качества и безопасности препарата в рабочем растворе соответствуют требованиям к органическим удобрениям. Для эффективной работы препарата при приготовлении рабочего раствора потребитель должен строго следовать инструкциям и соблюдать технику безопасности при работе с веществом с низким уровнем pH.*

QUALITY AND SAFETY OF A PLANT GROWTH STIMULANT OBTAINED FROM POULTRY BY-PRODUCTS

[1]**P.N. Miroshnikov**, Researcher
[1]**K.V. Zhuchaev**, Doctor of Biological Sciences, Professor
[1]**O.N. Sorokoletov**, PhD in Agricultural Sciences, Associate professor
[2]**V.A. Korobov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[1]**V.V. Evsyukova**, PhD student
[1]*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*
[2]*Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*
E-mail: petmir95@mail.ru

***Keywords*:** poultry waste, mechanochemical processing, plant growth stimulator, quality and safety.

Abstract. *Poultry farming is one of the most efficiently developing agricultural industries thanks to the high level of technology and automation of enterprises. However, the intensive pace of development in poultry farming leads to several problems; one of the most important among them is the need to dispose of poultry waste.*

Large poultry farms can produce up to 100 thousand tons of manure annually, which belongs to the 3rd class of environmental hazards. Recycling manure allows enterprises to avoid penalties and receive additional economic benefits from selling organic fertilisers. Mechanochemical methods are one of the most accessible and effective ways to process livestock waste. Their essence lies in using chemical reagents for disinfection and processing raw materials. The object of the study was a new drug with the properties of a growth stimulant, antidepressant, and antistressant obtained by mechanochemical processing of dry bird manure in an acidic environment. The safety parameters were analysed in two accredited laboratories: agrochemical and veterinary. The agrochemical laboratory studied such indicators as the mass fraction of dry and organic matter, the activity of hydrogen ions (pH), the mass fraction of nutrients, the content of toxic elements and the presence of radionuclides. The veterinary laboratory analyses included such groups of indicators as parasitic cleanliness, sanitary-bacteriological, and sanitary-parasitological indicators. It has been shown that the leading indicators of the quality and safety of the drug in the working solution meet the requirements for organic fertilisers. For the medication to work effectively, when preparing a working solution, the consumer must strictly follow the instructions and observe safety precautions when working with a substance with a low pH level.

Промышленное птицеводство является одной из самых эффективно развивающихся отраслей в сельском хозяйстве благодаря доступности внедрения и применения научно-технических достижений на крупных предприятиях и высокой степени автоматизации [1].

Однако интенсивные технологии промышленного птицеводства связаны с рядом проблем, среди которых одной из важнейших является утилизация птичьего помета. На современных крупных птицефабриках образуется до 100 тыс. т помета в год и только 30 % всех образующихся отходов подвергаются переработке и вторичному применению [2]. Кроме экономических потерь, отказ от переработки птичьего помета накладывает на собственника обязанность вносить ежегодную плату за негативное воздействие на экологию, так как, согласно приказу Росприроднадзора «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов», свежий птичий помет отнесен к 3-му классу опасности для окружающей среды [3]. По данным Всемирной организации здравоохранения, помет и сточные воды птицеводческих предприятий могут быть фактором передачи более 100 возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, в том числе зоонозов [4]. Переработка птичьего помета позволяет предприятиям не только избежать рисков загрязнения окружающей среды и сопутствующих санкционных штрафов, но и получить дополнительную экономическую выгоду в виде освобождения необходимых для хранения помета площадей и дополнительной прибыли от реализации органических удобрений [5].

К основным методам переработки птичьего помета в органическое удобрение относятся естественное компостирование, биоферментация, термическое обеззараживание, механическая обработка, вермикомпостирование и механохимическое обеззараживание [6]. Главным условием для производства и применения органических удобрений, полученных из побочных продуктов птицеводства и животноводства, является соответствие требованиям, прописанным в ГОСТ 53117 [7], ГОСТ 31461 [8], СанПиН 2.1.7.2197 [9], МУ 2.1.7.730 [10], РД-АПК 1.10.15.02 [11] и ГН 2.1.7.2041 [12].

Механохимические методы являются одними из самых доступных и эффективных способов переработки. Их суть заключается в использовании химических реактивов для обеззараживания и переработки исходного сырья. Технология, описанная в патенте «Способ обезвреживания органических отходов животноводства, свиноводства и птицеводства», предлагает использовать для обеззараживания раствор электролитического гипохлорита натрия с последующим разбавлением концентрата до рабочего раствора [13]. Патент «Способ переработки птичьего помета» описывает технологию обработки помета 25–35 %-й серной или фосфорной кислотой [14]. В патенте «Способ получения органоминерального удобрения» описывается методика, согласно которой для получения удобрения смешивается сухая зола, образованная в процессе утилизация органических отходов (в том числе и птичьего помета), с органической кислотой карбонового и/или сульфонового ряда [15].

Объектом исследования для данной работы стал новый препарат со свойствами стимулятора роста, антидепрессанта, антистрессанта, полученный путем механохимической обработки сухого птичьего помета в кислой среде. Цель работы – определить основные показатели безопасности препарата.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сырьем для производства препарата стал сухой птичий помет, прошедший механохимическую переработку с разделением на фракции. Полученный препарат представляет собой темно-коричневую жидкость с характерным запахом.

Анализ параметров безопасности провели в двух аккредитованных лабораториях: агрохимической и ветеринарной. Агрохимическая лаборатория исследовала такие показатели, как массовая доля сухого и органического вещества, показатель активности водородных ионов (pH), массовая доля питательных веществ, содержание токсичных элементов и наличие радионуклидов. Анализы ветеринарной лаборатории включали такие группы показателей, как паразитарная чистота, санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели. Испытания проводились по арбитражным методикам, прописанным в соответствующей нормативной документации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты агрохимических анализов представлены в табл. 1. Исследуемый препарат выходит за пределы допустимых значений по двум показателям: pH и общий азот. Препарат в товарном виде представляет собой концентрированный кислый раствор, так как низкий показатель pH обеспечивает лучшую хранимоспособность. В то же время показатель pH препарата в состоянии рабочего раствора 1:100 находится в допустимых интервалах. Содержание азота в данном случае не является ключевым показателем, поскольку основной активный компонент препарата – фульвовые кислоты, содержащие серу и проявляющие фунгицидную активность [16]. Остальные показатели препарата находятся в рамках допустимых норм.

Таблица 1

Показатели качества и безопасности препарата по результатам агрохимических испытаний
Indicators of the quality and safety of the drug based on the results of agrochemical tests

Показатели	Результаты испытаний	Значение показателей по НД	НД на методы испытаний
1	2	3	4
Массовая доля сухого вещества, %, не более	2,1	3	ГОСТ 26713-85 [17]
Массовая доля органического вещества на сухое вещество, %, не менее	57,8	50	ГОСТ 27980-88 [18]
Показатель активности водородных ионов, pH	0,9*	6,0 - 8,5	ГОСТ 27979-88 [19]
Массовая доля питательных веществ в продукте с исходной влажностью, %, не менее			
Азота общего	0,05*	0,10	ГОСТ 26715-85 [20]
Фосфора общего в пересчете на P_2O_5	0,1	0,1	ГОСТ 26717-85 [21]
Калия общего в пересчете на K_2O	0,2	0,04	ГОСТ 26718-85 [22]
Содержание токсичных элементов, мг/кг, не более			

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Свинец	Менее 0,1	130,0	ГОСТ Р 53218-2008 [23]
Кадмий	Менее 0,1	2,0	
Ртуть	0,096±0,030	2,1	М-МВИ-80-2008 (ФР.1.31.2013.14150) [24]
Мышьяк	Менее 1,0	10	
Удельная активность радионуклидов, Бк/кг Радия Ra_{226}	Менее 5		МИ 2453-2000 [25]
Тория Th_{232}	Менее 10		
Калия K_{40}	Менее 40		
Цезия Cs_{137}	Менее 3		
Стронция Sr_{90}	Менее 1,4		Методика «НТЦ», 2014 г.

Результаты анализов ветеринарной лаборатории представлены в табл. 2. В препарате не было обнаружено наличия паразитов и патогенных микроорганизмов.

Таким образом, соответствие препарата нормативным требованиям по микробиологическим и паразитологическим показателям было подтверждено результатами испытаний.

Таблица 2

Показатели микробиологической и паразитологической безопасности препарата
Indicators of microbiological and parasitological safety of the drug

Показатели	Результат испытаний	Погрешность	Норматив	НД на метод испытаний
Паразитарная чистота				
Личинки и куколки синатропных мух, экз/кг	Не обнаружены	-	-	ГОСТ Р 58138-2018 [26]
Санитарно-бактериологические показатели				
Бактерии рода сальмонелл, клеток/г	Не выделены	-	-	МР № ФЦ/4022 Методы микробиологического контроля почвы от 24.12.2004 г., п.6, 11 (кроме идентификации) [27]
Индекс БГКП, клеток/г	0	-	-	МР № ФЦ/4022 Методы микробиологического контроля почвы от 24.12.2004 г., п.6, 7 (титрационный метод) [27]
Индекс энтерококков, клеток/г	0	-	-	МР № ФЦ/4022 Методы микробиологического контроля почвы от 24.12.2004 г., п.6, 8 (титрационный метод) [27]
Санитарно-паразитологические показатели				
Личинки гельминтов, экз/кг	Не обнаружены	-	-	ГОСТ Р 54001-2010 [28]
Яйца гельминтов, экз/кг	Не обнаружены	-	-	
Цисты кишечных простейших, экз/100 г	Не обнаружены	-	-	ГОСТ Р 57782-2017 [29]

ВЫВОДЫ

1. Использование жидкого органического препарата на основе птичьего помета безопасно при соблюдении инструкции по применению. Препарат должен применяться только в виде рабочего раствора, так как низкий pH концентрированного препарата способен причинить вред как почве, так и самим растениям.

2. Рабочий раствор, применяемый для полива растений, получают путем разведения концентрированного раствора водой в соотношении 1:100. Более низкая концентрация препарата в рабочем растворе не приводит к желательному эффекту из-за недостаточного содержания действующих веществ, а более высокая не улучшает показатели, в частности, не обеспечивает дополнительный прирост урожая, но, напротив, наносит вред растениям, снижает численность полезных микроорганизмов, разрушает биологически активные вещества.

3. При приготовлении рабочего раствора необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с кислотными растворами: обязательно использовать резиновые перчатки и защитную маску.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Буяров В.С., Буяров А.В.* Эффективность современных технологий в промышленном птицеводстве // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2021. – № 4 (37). – С. 24–33. – DOI: 10.35523/2307-5872-2021-37-4-24-33; EDN: IXAOWU.
2. *Брюханов А.Ю., Гаас А.В.* Стратегия управления отходами предприятий птицеводства на основе внедрения наилучших доступных технологий переработки помета // Экология и промышленность России. – 2016. – Т. 20, № 2. – С. 60–63.
3. *Приказ* Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 18.07.2014 Г. № 445 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» // Экологический консалтинг. – 2014. – № 3(55). – С. 34-80.
4. *Бочкарева И.И., Майманова Е.А.* Птицефабрика как источник загрязнения окружающей среды // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4, № 2. – С. 106–111.
5. *Кондратьева О.В., Кузнецова Н.А.* Организация переработки отходов отрасли птицеводства // Актуальные вопросы современной экономики. – 2021. – № 12. – С. 633–638.
6. *Суховеркова В.Е.* Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 45–55.
7. *Удобрения* органические на основе отходов животноводства. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53117-2008: введен впервые: введен 2010-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
8. *Помет* птицы. Сырьё для производства органических удобрений. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ 31461-2012: введен впервые: введен 2012-11-15 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2012. – 8 с.
9. *Санитарно-эпидемиологические* требования к качеству почвы. Изменение № 1 к СанПиН 2.1.7.1287-03 МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: введен 01-07-2007 / ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора. – М.: Роспотребнадзор, 2007. – 71 с.
10. *Методические* рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета: рекомендательный документ РД-АПК 1.10.15.02-17: взамен НТП 17-99: введен 2008-04-29 / ФГНУ «НПЦ «Гипронисельхоз». – М.: Росинформагротех, 2017. – 172 с.
11. *Предельно* допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06: взамен гигиенических нормативов «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве» № 6229—91 и ГН 2.1.7,020—94 (дополнение 1 к№ 6229—91): введены 2006-01-23 / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – М.: Роспотребнадзор, 2006. – 15 с.

12. *Патент* № 2552072 РФ. Способ обезвреживания органических отходов животноводства, свиноводства и птицеводства: № 2014105785: заявл. 17.02.2014: опубл. 10.06.2015 / Б. П. Чесноков, Е. Г. Вашенков, А.А. Щербаков [и др.]. – 4 с.
13. *Патент* № 2357944 РФ. Способ переработки птичьего помета: № 2007142267: заявл. 15.11.2007: опубл. 10.06.2009 / Синявский И.В., Казанцев А.В. – 5 с.
14. *Патент* № 2729390 РФ. Способ получения органоминерального удобрения: № 2020107079: заявл. 14.02.2020: опубл. 06.08.2020 / Зонов А.В., Вохмянин В.Г. – 5 с.
15. *Чилачава К.Б., Песцов Г.В., Глазунова А.В.* Изучение фунгицидных свойств фульвовых кислот // Аграрная наука. – 2019. – № 52. – С. 172–174.
16. *Удобрения* органические. Метод определения влаги и сухого остатка: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 26713-85: введен впервые: введен 1985-01-19 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1986. – 6 с.
17. *Удобрения* органические. Методы определения органического вещества: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 27980-88: введен впервые: введен 1988-12-22 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1988. – 9 с.
18. *Удобрения* органические. Метод определения pH: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 27979-88: введен впервые: введен 1990-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1990. – 10 с.
19. *Удобрения* органические. Методы определения общего азота: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 26715-85: введен впервые: введен 1987-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1987. – 12 с.
20. *Удобрения* органические. Метод определения общего фосфора: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 26717-85: введен впервые: введен 1987-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1987. – 6 с.
21. *Удобрения* органические. Метод определения общего калия: государственный стандарт Союза ССР ГОСТ 26718-85: введен впервые: введен 1987-01-01 / Государственный комитет СССР по стандартам. – М.: Московский печатник, 1987. – 4 с.
22. *Удобрения* органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53218-2008: введен впервые: введен 2010-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
23. *Методика* выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектрометрии: рекомендация М-МВИ 80-2008: введена взамен М-МВИ 80-2001: введена 2008-06-02 / ООО Мониторинг. – СПб.: Мониторинг, 2008. – 36 с.
24. *Методики* радиационного контроля. Общие требования: рекомендация МИ 2453-2000: введена взамен МИ 2453-98: введена 2001-01-01 / Государственный научный метрологический центр. – Менделеево, 2000. – 24 с.
25. *Удобрения* органические. Методы паразитологического анализа. Методы определения личинок синантропных мух: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 58138-2018: введен впервые: введен 2018-05-10 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2018. – 19 с.
26. *Методы* микробиологического контроля почвы: методические рекомендации МР № ФЦ/4022: введен впервые: введен 2004-12-24 / Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. – М., 2004. – 24 с.
27. *Удобрения* органические. Методы гельминтологического анализа: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54001-2010: введен впервые: введен 2010-11-30 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2011. – 15 с.
28. *Удобрения* органические. Методы паразитологического анализа. Методы определения ооцист и цист простейших: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57782-2017: введен впервые: введен 2017-10-10 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М.: Стандартинформ, 2017. – 19 с.

Окончание табл. 1

REFERENCES

1. Buyarov V.S., Buyarov A.V., *Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya*, 2021, No. 4 (37), pp. 24–33, DOI: 10.35523/2307-5872-2021-37-4-24-33. (In Russ.)
2. Bryuhanov A.YU., Gaas A.V., *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2016, T. 20, No. 2, pp. 60–63. (In Russ.)
3. *Ekologicheskij konsalting*, 2014, No. 3 (55), pp. 34–80. (In Russ.)
4. Bochkareva I.I., Majmanova E.A., *Interekspo Geo-Sibir'*, 2019, T. 4, No. 2, pp. 106–111. (In Russ.)
5. Kondrat'eva O.V., Kuznecova N.A., *Aktual'nye voprosy sovremennoj ekonomiki*, 2021, No. 12, pp. 633–638. (In Russ.)
6. Suhoverkova V.E., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 9 (143), pp. 45–55. (In Russ.)
7. *Udobreniya organicheskie na osnove othodov zhivotnovodstva.* Tekhnicheskie usloviya: nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii *GOST R 53117-2008*: vveden vpervye: 2010-01-01, Moscow: Standartinform, 2009, 15 p. (In Russ.)
8. Pomet pticy. Syr'yo dlya proizvodstva organicheskih udobrenij. Tekhnicheskie usloviya: nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii *GOST 31461-2012*: vveden vpervye: 2012-11-15, Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, Moscow: Standartinform, 2012, 8 p. (In Russ.)
9. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu pochvy. *Izmenenie N 1 k SanPiN 2.1.7.1287-03 MU 2.1.7.730-99*. Gigienicheskaya ocenka kachestva pochvy naselennyh mest: 01-07-2007, FGUZ "Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii" Rospotrebnadzora, Moscow: Rospotrebnadzor, 2007, 71 p. (In Russ.)
10. Metodicheskie rekomendacii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu sistem udaleniya i podgotovki k ispol'zovaniyu navoza i pometa: rekomendatel'nyj dokument *RD-APK 1.10.15.02-17*, Moscow: Rosinformagrotekh, 2017, 172 p. (In Russ.)
11. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskih veshchestv v pochve: gigienicheskie normativy *GN 2.1.7.2041-06*, Federal'nyj centr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Moscow: Rospotrebnadzor, 2006, 15 p. (In Russ.)
12. CHesnokov B.P., Vashenkov E.G., SHCHerbakov A.A. [i dr.], *Patent № 2552072 RF*. Sposob obezvrezhivaniya organicheskih othodov zhivotnovodstva, svinovodstva i pticevodstva: № 2014105785: zayavl. 17.02.2014: opubl. 10.06.2015, 4 p. (In Russ.)
13. Sinyavskij I.V., Kazancev A.V., *Patent № 2357944 RF*. Sposob pererabotki ptich'ego pometa: № 2007142267: zayavl. 15.11.2007: opubl. 10.06.2009, 5 p. (In Russ.)
14. Zonov A.V., Vohmyanin V.G., *Patent № 2729390 RF*. Sposob polucheniya organomineral'nogo udobreniya: № 2020107079: zayavl. 14.02.2020: opubl. 06.08.2020, 5 p. (In Russ.)
15. CHilachava K.B., Pescov G.V., Glazunova A.V., *Agrarnaya nauka*, 2019, No. 52, pp 172–174. (In Russ.)
16. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya vlagi i suhogo ostatka: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 26713-85*: vveden 1985-01-19, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1986, 6 p.
17. Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 27980-88*: vveden 1988-12-22, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1988, 9 p. (In Russ.)
18. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya rN: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 27979-88*: vveden 1990-01-01, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1990, 10 p. (In Russ.)
19. Udobreniya organicheskie. Metody opredeleniya obshchego azota: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 26715-85*: vveden 1987-01-01, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1987, 12 p. (In Russ.)
20. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya obshchego fosfora: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 26717-85*: vveden 1987-01-01, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1987, 6 p. (In Russ.)

21. Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya obshchego kaliya: *gosudarstvennyj standart Soyuza SSR GOST 26718-85*: vveden 1987-01-01, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow: Moskovskij pechatnik, 1987, 4 p. (In Russ.)
22. Udobreniya organicheskie. Atomno-absorbcionnyj metod opredeleniya soderzhaniya tyazhelyh metallov: *nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii GOST R 53218-2008*: vveden 2010-01-01, Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, Moscow: Standartinform, 2009, 15 p. (In Russ.)
23. Metodika vypolneniya izmerenij massovoj doli elementov v probah pochv, gruntov i donnyh otlozheniyah metodami atomno-emissionnoj i atomno-absorbcionnoj spektrometrii: *rekomendaciya M-MVI 80-2008*: vvedena vzamen M-MVI 80-2001: vvedena 2008-06-02, OOO Monitoring, Sankt-Peterburg: Monitoring, 2008, 36 p. (In Russ.)
24. Metodiki radiacionnogo kontrolya. Obshchie trebovaniya: *rekomendaciya MI 2453-2000*: vvedena 2001-01-01, / Gosudarstvennyj nauchnyj metrologicheskij centr, Mendeleevo, 2000, 24 p. (In Russ.)
25. Udobreniya organicheskie. Metody parazitologicheskogo analiza. Metody opredeleniya lichinok sinantropnyh muh: *nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii GOST R 58138-2018*: vveden 2018-05-10, Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, Moscow: Standartinform, 2018, 19 p. (In Russ.)
26. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pochvy: *metodicheskie rekomendacii MR № FC/4022*: vveden 2004-12-24, Federal'nyj nauchnyj centr gigieny im. F.F. Erismana, Moskva, 2004, 24 p. (In Russ.)
27. Udobreniya organicheskie. Metody gel'mintologicheskogo analiza: *nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii GOST R 54001-2010*: vveden 2010-11-30, Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, Moskva: Standartinform, 2011, 15 p. (In Russ.)
28. Udobreniya organicheskie. Metody parazitologicheskogo analiza. Metody opredeleniya oocist i cist prostejshih: *nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii GOST R 57782-2017*: vveden 2017-10-10, Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, Moscow: Standartinform, 2017, 19 p. (In Russ.)

УДК 579.64 + 543.641
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-233-240

ОЦЕНКА ПРОТИВОМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И САБЕЛЬНИКА БОЛОТНОГО В ОТНОШЕНИИ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ

П.Н. Мирошников, исследователь
К.В. Жучаев, доктор биологических наук, профессор
Л.А. Осинцева, доктор биологических наук, профессор
В.И. Ермолаев, доктор биологических наук, профессор
О.В. Зданович, заведующий микробиологической лабораторией
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: petmir95@mail.ru

Ключевые слова: антимикробные свойства, полифенольные вещества, *Origanum vulgare*, *Comarum palustre*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*.

Реферат. *Одной из важнейших проблем животноводства и здравоохранения является антибиотикорезистентность, связанная с повсеместным применением антибиотических препаратов. В результате патогенные микроорганизмы вырабатывают устойчивость к антибиотикам, что создает необходимость либо увеличивать их дозировку, либо заменять на другие препараты. К перспективной альтернативе антибиотическим препаратам относятся фитобиотики – действующие вещества лекарственных растений, проявляющие противомикробные свойства в отношении патогенных микроорганизмов. Основным источником противомикробной активности фитобиотиков являются фенольные и полифенольные соединения. Исследование проводилось с целью изучения противомикробной активности экстрактов душицы обыкновенной (ДО) и сабельника болотного (СБ). Методом водно-спиртовой экстракции из сухого сырья были изготовлены спиртовые экстракты (СЭ), а затем при помощи вакуумной дистилляции получены бесспиртовые экстракты (БЭ). В полученных экстрактах было исследовано содержание полифенольных соединений, а также оценены их противомикробные свойства луночным методом в отношении таких патогенов, как Staphylococcus aureus, Escherichia coli и Salmonella enterica. Результаты показали, что в БЭ ДО – содержание полифенольных соединений составило 1,487 мг/мл, в СЭ ДО 1,166, в БЭ СБ – 1,349, в СЭ СБ – 1,074 мг/мл. Все исследуемые экстракты проявили противомикробную активность в отношении золотистого стафилококка. Наиболее значительные зоны подавления (1,86 см) были образованы вокруг лунок с БЭ ДО, которые были достоверно ($P<0,01$) больше, чем в образцах со СЭ ДО. В отношении грамотрицательных культур зоны подавления были обнаружены только у спиртовых экстрактов, что, вероятнее всего, является проявлением антибактериальной активности этилового спирта.*

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THE EXTRACTS OF OREGANO AND MARSH CINQUEFOIL AGAINST GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA

P.N. Miroshnokov, Researcher
K.V. Zhuchaev, Doctor of Biological Sciences, Professor
L.A. Osintseva, Doctor of Biological Sciences, Professor
V.I. Ermolaev, Doctor of Biological Sciences, Professor
O.V. Zdanovich, Head of Microbiological Laboratory
Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk, Russia
E-mail: petmir95@mail.ru

Keywords*:* antimicrobial activity, polyphenols, *Origanum vulgare*, *Comarum palustre*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica.*

Abstract. *One of the most critical problems in animal husbandry and public health is antibiotic resistance, associated with the widespread use of antibiotic drugs. As a result, pathogenic microorganisms develop antibiotic resistance, which creates the need to either increase their dosage or replace them with other medications.*

Phytobiotics are a promising alternative to antibiotic drugs. Phytobiotics are active substances of medicinal plants that exhibit antimicrobial properties against pathogenic microorganisms. The primary sources of antimicrobial activity of phytobiotics are phenolic and polyphenolic compounds. The research aimed to study the antimicrobial activity of oregano (O) extracts and marsh cinquefoil (MC). Alcohol extracts (AE) were prepared from dry raw materials by water-alcohol extraction, and then alcohol-free extracts (AFE) were obtained using vacuum distillation. The content of polyphenolic compounds was studied in the obtained extracts, and the hole method against pathogens such as Staphylococcus aureus, Escherichia coli and Salmonella enterica evaluated their antimicrobial properties. The results showed that in O AFE, the content of polyphenolic compounds was 1.487 mg/ml, in O AE 1.166 mg/ml, in MC AFE 1.349 mg/ml, and MC AE 1.074 mg/ml. All studied extracts showed antimicrobial activity against Staphylococcus aureus. The most significant zones of suppression (1.86 cm) were formed around the wells with O AFE, which were significantly (P<0.01) larger than in the samples with O AE. About gram-negative cultures, zones of suppression were found only in alcoholic extracts, which is most likely a demonstration of the antibacterial activity of ethanol.

Антибиотикорезистентность – одна из важнейших проблем в современной системе здравоохранения и животноводства, развившаяся в связи с нерациональным применением антибактериальных препаратов [1]. Применение одних и тех же антибиотиков как для лечения, так и для профилактики инфекционных заболеваний приводит к снижению их эффективности, из-за чего возникает необходимость увеличения их дозировки или полной замены на другие препараты.

Однако вывод антибиотиков из кормовой базы связан с рядом трудностей и рисков. Полный отказ от антибиотиков может привести к гибели всего поголовья животных, поэтому так важно найти не только экономически выгодные, но и эффективные с точки зрения ветеринарии альтернативы [2]. Фитобиотики – биологически активные вещества лекарственных растений – являются одной из самых перспективных альтернатив антибиотическим стимуляторам роста [3]. Обоснование их применения было впервые предложено несколько десятилетий назад, но результаты исследований были противоречивыми, так как большинство исследователей были сосредоточены на анализе влияния фитобиотиков на продуктивность животных в качестве добавки, пренебрегая при этом таким их важным биологическим свойством, как противомикробная активность [4].

Согласно литературным данным [5–10], фитобиотики проявляют противомикробную активность в отношении грамположительных и грамотрицательных патогенных культур. Однако большинство проведенных исследований было направлено на изучение противомикробных свойств чистых эфирных масел, в которых наблюдается максимальная концентрация фенольных и полифенольных соединений – главного источника противомикробной активности у лекарственных и эфирно-масличных растений [11].

К природным источникам полифенольных соединений относятся в том числе душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) и сабельник болотный (*Comarum palustre* L.). Согласно литературным источникам [12], в сырье душицы обыкновенной содержатся следующие фенольные и полифенольные соединения: апигенин, кверцетин, тимол, карвакрол, терпинеол, борнеол, гераниол. В сырье сабельника болотного содержатся такие фенольные и полифенольные соединения, как кверцетин, кемпферол, терпинеол, эллаговая кислота.

Целью данного исследования являлось изучение противомикробной активности экстрактов душицы обыкновенной и сабельника болотного в отношении золотистого стафилококка (*Staphylococcus aureus),* кишечной палочки *(Escherichia coli)* и сальмонеллы энтерики *(Salmonella enterica).*

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основное исследование было проведено в условиях микробиологической лаборатории Испытательного лабораторного комплекса ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, а анализ на содержание полифенольных соединений – на базе химико-аналитического отдела АО «Сибирский центр фармакологии и биотехнологии» в наукограде Кольцово.

Сырьем для изготовления экстрактов стали корневища сабельника болотного (СБ) и наземная часть душицы обыкновенной (ДО). П.И. Петрова и др. [19] изучали динамику накопления фенольных соединений в органах сабельника болотного в разные стадии вегетации. Их исследование показало, что наибольшая концентрация данных соединений наблюдается в фазу цветения. В проведенном нами исследовании также были использовано сырье растений, собранных в фазу цветения на территории Алтайского края.

Для выделения действующих веществ из предварительно высушенного сырья был применен метод водно-спиртовой экстракции. Так как этиловый спирт обладает собственными противомикробными свойствами, то для чистоты эксперимента из спиртовых экстрактов была в условиях вакуума произведена отгонка спирта при помощи ротационного испарителя [14]. Таким образом были получены бесспиртовые экстракты (БЭ) ДО и СБ. В опыте также были исследованы спиртовые экстракты (СЭ) для сравнительного анализа.

В полученных спиртовых и бесспиртовых экстрактах было определено содержание полифенольных веществ – группы веществ, преимущественно отвечающих за противомикробные свойства у растений. Суммарное содержание фенольных соединений в экстрактах было определено при помощи модифицированного метода Фолина–Чокальтеу. Суть метода заключается в том, что полифенольные соединения окисляются реактивом Фолина - Чокальтеу, состоящим из смеси фосфорно-вольфрамовой и фосфорно-молибденовой кислот, который, в свою очередь, восстанавливается в смесь окислов вольфрама голубого цвета и молибдена. Абсорбция раствора при 750 нм пропорциональна содержанию фенольных соединений. В качестве полифенольного стандарта применялась галловая кислота. Для проведения спектрофотометрического анализа был использован спектрофотометр однолучевой Helios Omega (США) и кварцевые кюветы с длиной пути 10 мм.

Для оценки противомикробной активности экстрактов использован луночный метод. При постановке опыта применялись стандартные чашки Петри диаметром 90 мм, питательная среда – мясо-пептонный агар. Равноудаленно по диаметру в питательной среде было проделано шесть лунок: четыре опытные и две контрольные. В опытные лунки вносилось 100 мкл изучаемых СЭ и БЭ ДО и СБ. В одну контрольную лунку было внесено 100 мкл 70 %-го раствора этанола, а в другую – контрольный антибиотик. Для опыта были выбраны три распространенные в животноводстве патогенные культуры: грамотрицательная кишечная палочка (штамм *Escherichia coli* М-17 (О2:Н6)), грамотрицательная сальмонелла энтерика (штамм *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *enteritidis* ВО3) и грамположительный золотистый стафилококк (штамм *Staphylococcus aureus* АТСС 25923). Штаммы были выданы из Государственной коллекции патогенных микроорганизмов и клеточных культур («ГКПМ – Оболенск»). Для каждой культуры был подобран контрольный антибиотик согласно литературным данным [16–18] – амоксициллин для кишечной палочки, гентамицин для сальмонеллы энтерики и оксациллин для золотистого стафилококка.

После посева культур и внесения препаратов в лунки чашки Петри были помещены в термостат при температуре 37° С на 24 ч в целях создания благоприятных условий для роста культур микроорганизмов. Через сутки после посева был проведен учет полученных результатов. Чашки были помещены на темную поверхность дном кверху. Замеры зон подавления производили при помощи штангенциркуля, результаты выражали в виде среднего диаметра образованной зоны.

Для статистической достоверности каждая культура микроорганизмов была исследована в 5 повторностях. Полученные в ходе исследований результаты были проанализированы и обработаны по стандартным методикам вариационной статистики с использованием таких программ, как MS Office Excel и STATISTICA. Для выявления достоверных различий был использован t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализов на содержание полифенольных веществ представлены на рис. 1.

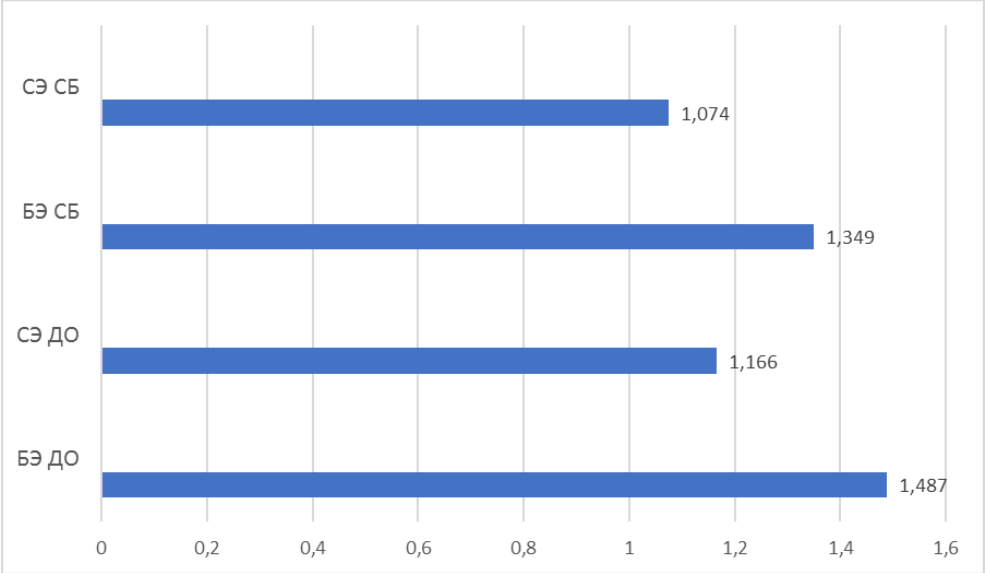
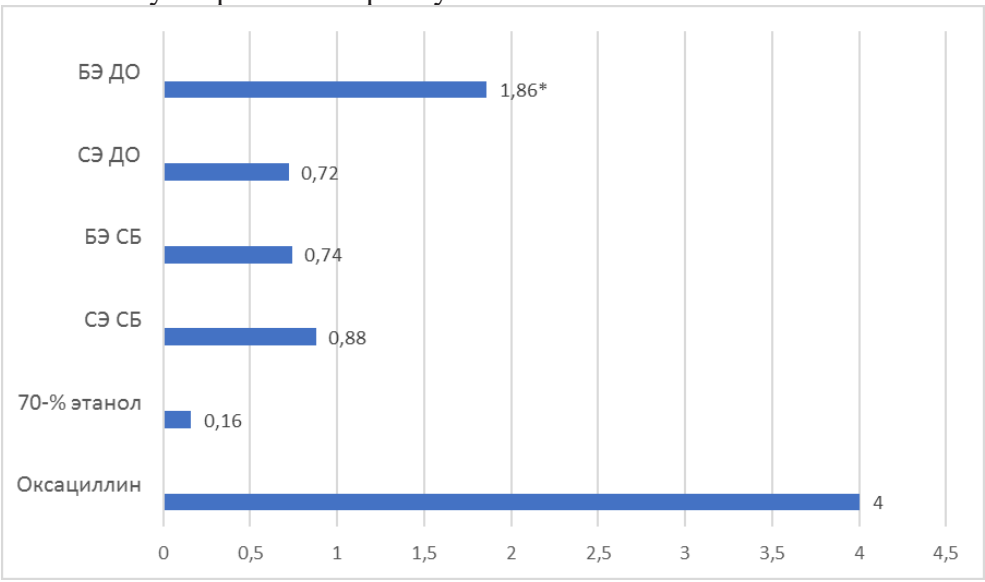


Рис.1. Содержание полифенольных веществ в экстрактах душицы и сабельника, мг/мл
Content of polyphenolic substances in oregano and cinquefoil extracts, mg/ml

Исследование показало, что концентрация полифенольных веществ в бесспиртовых экстрактах выше, чем в спиртовых, на 21,59% для душицы обыкновенной и на 20,39 – для сабельника болотного. Наибольшее содержание полифенольных соединений было обнаружено в бесспиртовом экстракте душицы – 1,487 мг/мл.

При проведении микробиологического опыта во всех исследуемых чашках не было обнаружено посторонних культур, а антибиотики проявили высокую противомикробную активность во всех опытных чашках, образовав хорошо различимые зоны подавления. Это говорит о правильном подборе антибиотических препаратов.

Как спиртовые, так и бесспиртовые экстракты образовали зоны подавления по отношению к золотистому стафилококку (рис. 2), наиболее значительные (1,86 см) вокруг лунок с БЭ ДО, которые были достоверно *(*p<0,01) больше, чем в образцах со спиртовым экстрактом ДО.



***p<0,01 в сравнении со спиртовым экстрактом ДО*
**p<0.01 compared with alcohol extract BEFORE*

Рис. 2. Зоны подавления роста *Staphylococcus aureus*, см
Zones of suppression of growth of Staphylococcus aureus, cm

Что же касается эксперимента с кишечной палочкой, то исследуемые БЭ не проявили какой-либо противомикробной активности по отношению к этому патогену (рис. 3). Небольшие зоны подавления образовали спиртовые экстракты и 70%-й этанол, что, вероятнее всего, является проявлением противомикробной активности этилового спирта.

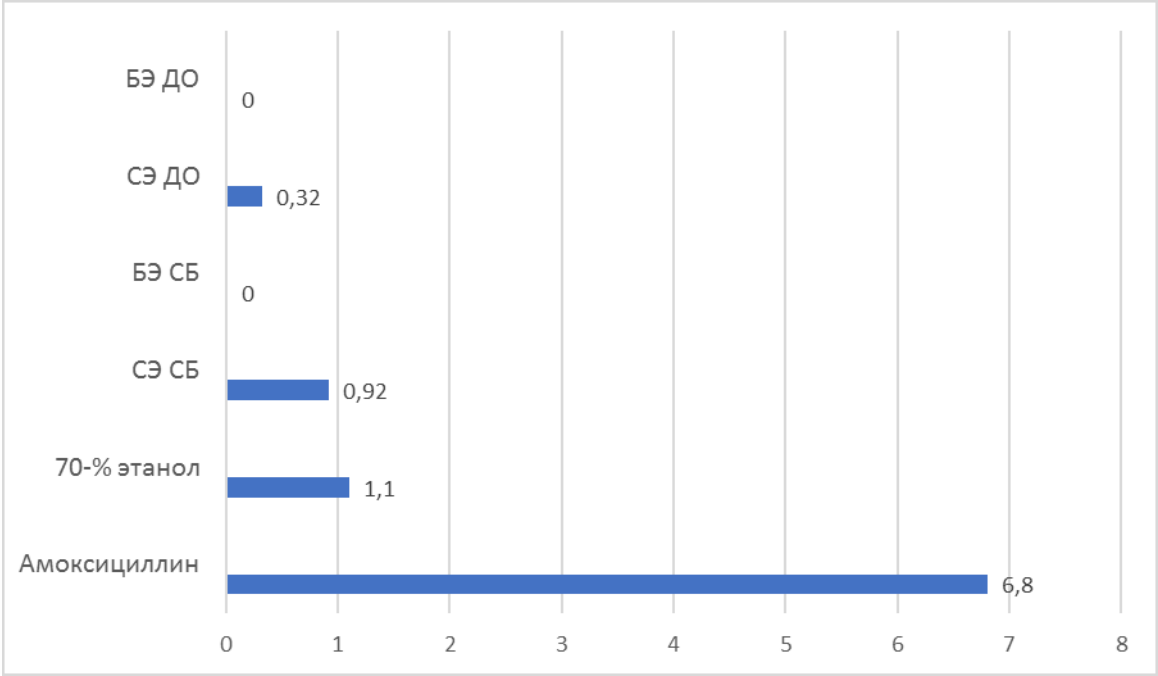


Рис. 3. Зоны подавления роста *Escherichia coli*, см
Zones of growth inhibition of *Escherichia coli*, cm

По отношению к сальмонелле энтерике БЭ также не проявили какой-либо противомикробной активности (рис. 4). Как и в опыте с кишечной палочкой, были обнаружены зоны подавления вокруг лунок со спиртом и спиртовыми экстрактами.

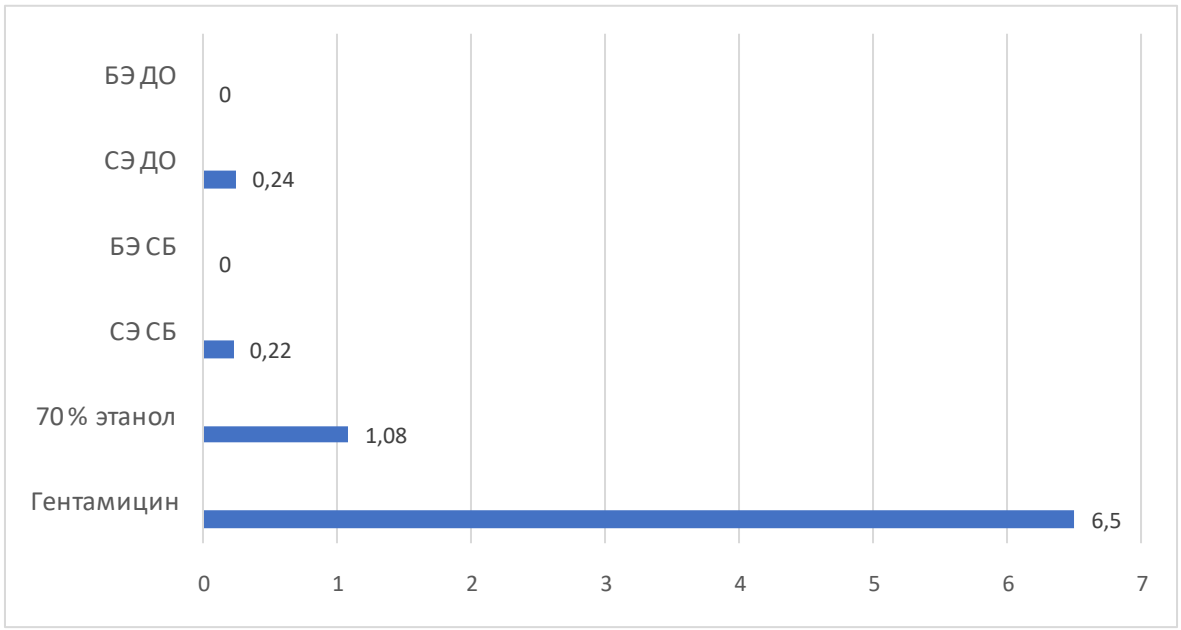


Рис. 4. Зоны подавления роста *Salmonella enterica*, см
Zones of inhibition of growth of *Salmonella enterica*, cm

Таким образом, результаты исследований подтверждают сообщение В.Г. Лужанина и др. о наличии у соединений кверцетина и эллаговой кислоты противомикробной активности в отношении *Staphylococcus aureus* [19]. Согласно литературным данным [12], эти соединения входят в состав фенольных веществ душицы обыкновенной и сабельника болотного, что подтверждает целесообразность изучения противомикробных свойств данных растений.

Следует отметить, что, по данным В.В. Милевской и др. [20], определявших концентрацию фенольных соединений в таких лекарственных растениях семейства яснотковых, как шалфей лекарственный, чабрец ползучий, душица обыкновенная и мелисса лекарственная, наибольшая концентрация фенольных исследований была обнаружена в экстрактах душицы обыкновенной, что доказывает целесообразность ее применения как источника фитобиотиков.

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей [21, 5], сообщающих о противомикробных свойствах душицы обыкновенной. Большая их выраженность, увеличенные зоны подавления развития микрофлоры, вероятно, связаны с тем, что в опытах были использованы чистые эфирные масла и концентрированные этанольные экстракты, обладающие более выраженной противомикробной активностью. Комплексных исследований по выявлению противомикробных свойств у сабельника болотного ранее не проводилось.

ВЫВОДЫ

1. Вакуумная отгонка этанола на ротационном испарителе позволила не только удалить спирт из экстрактов, но и повысила концентрацию в них полифенольных соединений на 21,59% для экстракта душицы обыкновенной и на 20,39% для экстракта сабельника болотного.

2. Исследуемые экстракты проявили противомикробные свойства по отношению к грамположительному *Staphylococcus aureus*. Не беря во внимание контрольный антибиотик, наибольшие зоны подавления были образованы вокруг лунки с БЭ ДО (X=1,86 см), которые были достоверно ($p<0,01$) больше, чем зоны подавления вокруг лунок со СЭ ДО. Полученные данные соответствуют результатам анализа на содержание полифенольных веществ, который показал, что наибольшая (1,487 мг/мл) концентрация полифенолов также была определена у БЭ ДО.

3. Исследуемые экстракты не проявили противомикробной активности в отношении грамотрицательных культур *Escherichia coli* и *Salmonella enterica*. Вероятнее всего, полученные БЭ ДО и СБ не обладают достаточной противомикробной активностью для преодоления труднопроницаемой клеточной стенки грамотрицательных культур и подавления их роста. В спиртовых экстрактах были обнаружены небольшие зоны подавления, что, вероятнее всего, является проявлением противомикробных свойств содержащегося в экстрактах этанола.

Статья подготовлена в рамках выполнения первого этапа календарного плана программы поддержки коммерчески ориентированных научно-технических проектов молодых ученых «УМНИК-21», договор № 17983ГУ/2022 от 25.05.2022.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Данилов А.И., Жаркова Л.П.* Антибиотикорезистентность: аргументы и факты // Клиническая фармакология и терапия. – 2017. – № 26 (5). – С. 6–9.
2. *Тараканов Б.В.* Механизмы действия пробиотиков на микрофлору пищеварительного тракта и организм животных // Ветеринария. – 2020. – №1. – С.47–54.
3. *Влияние* экстракта чабреца на качественные показатели мяса цыплят-бройлеров / Е.А. Кишняйкина, К.В. Жучаев, О.А. Багно [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – № 2 (24). – С. 25–31.
4. *Cromwell G.L.* Why and how antibiotics are used in swine production // Anim. Biotechnol. – 2020. – Vol. 13. – P. 7–27.

5. *Antioxidant* and Antibacterial Activity of Essential Oils and Hydroethanolic Extracts of Greek Oregano and Common Oregano / O. Kosakowska, Z. Węglarz, E. Pióro-Jabrucka [et al.] // Molecules. – 2021. – Feb, Vol. 26 (4). – P. 988. – DOI: 10.3390/molecules26040988 PMCID: PMC7918425.
6. *Antimicrobial* and cytotoxic activities of Origanum essential oils / A. Sivropoulou, E. Papanikolaou, C. Nikolaou [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2016. – Vol. 44 (5). – P. 1202–1205. – DOI: 10.1021/jf950540t.
7. *Antibacterial* activity of essential oils from plants of the genus Origanum / M.K. Stefanakis, E. Touloupakis, E. Anastasopoulos [et al.] // Food Control. – 2018. – Vol. 34. – P. 539–546. – DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.05.024.
8. *Васева Е.М., Малишевская О.И., Николенко М.В.* Сравнительная оценка противомикробной активности растворов эфирных масел и бензилдиметил [3 (миристоиламино)пропил] аммония хлорида моногидрата в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий и патогенных грибов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 6–2 (108). – С. 11–14.
9. *Влияние* эфирных масел на микроорганизмы различной таксономической принадлежности в сравнении с современными антибиотиками. Сообщ. III: Действие масел лаванды, розового дерева, эвкалипта, пихты на некоторые грамотрицательные бактерии / Е.В. Жученко, Е.Ф. Семенова, Н.Н. Маркелова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2015. – № 1 (9). – С. 30–41.
10. *Сочетанное* воздействие эфирных масел и левофлоксацина на биологические свойства *Staphylococcus aureus* / М.В. Николенко, О.А. Русакова, М.В. Пастухов [и др.] // Университетская медицина Урала. – 2018. – Т. 4, № 2 (13). – С. 22–24.
11. *Antibacterial* activity of polyphenols derived mechanochemically from natural raw materials / I.O. Lomovskiy, V.Yu. Koptev, N.Yu. Balybina [et al.] // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 16–27.
12. *Растительные* ресурсы СССР. – Л.–СПб.: Наука, 1985–1993. – Вып. 1.
13. *Динамика* накопления фенольных соединений в органах сабельника болотного (*Comarum palustre* L.) / П.И. Петрова, Е.Ю. Бахтенко, Н.В. Загоскина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2013. – № 1. – С. 165–169.
14. *Мирошников П.Н., Сороколетов О.Н., Жучаев К.В.* Патент на изобретение 2791450 C1 07.03.2023. Способ получения экстрактов из лекарственного сырья. Заявка № 2022112703 от 05.05.2022.
15. *Gerba C.P., Smith J.E.* Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes // J. Environ. Qual. – 2015. – Vol. 34. – P. 42–48.
16. *The population* genetics of commensal Escherichia coli / O. Tenaillon, D. Skurnik, B. Picard [et al.] // Nature Reviews. Microbiology. – 2017. – Vol. 8 (3). – DOI: 10.1038/nrmicro2298; PMID: 20157339; S2CID: 5490303.
17. *Todar K.* Salmonella and Salmonellosis [Электронный ресурс] // Todar's Online Textbook of Bacteriology. – URL: https://www.textbookofbacteriology.net/. (дата обращения: 03.10.2020).
18. *Staphylococcus* aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management / S. Tong, J. Davis, E. Eichenberger, T. Holland [et al.] // Clinical Microbiology Reviews. – 2015. – Vol. 28 (3). – P. 603–61. – DOI:10.1128/CMR.00134-14.
19. *Противомикробная* активность соединений полифенольной природы / В.Г. Лужанин, А.К. Уэйли, А.О. Понкратова [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 65–72.
20. *Определение* фенольных соединений в лекарственных растениях семейства яснотковых / В.В. Милевская, З.А. Темердашев, Т.С. Бутыльская, Н.В. Киселева // Журнал аналитической химии. – 2017. – Т. 72, № 3. – С. 273–279.
21. *Essential* oil and antimicrobial activity of wild and cultivated Origanum vulgare L. subsp. hirtum (Link) letswaart from the Marmara region, Turkey / G. Esen, A.D. Azaz, M. Kurkcuoglu [et al.] // Flavour Frag. J. – 2017. – Vol. 22. – P. 371–376.

REFERENCES

1. Danilov A.I., Zharkova L.P., *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*, 2017, No. 26 (5), pp. 6–9. (In Russ.)
2. Tarakanov B.V., *Veterinariya*, 2020, No. 1, pp. 47–54. (In Russ.)

3. Kishnyajkina E.A., ZHuchaev K.V., Bagno O.A. i dr., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2019, No. 2 (24), pp. 25–31. (In Russ.)
4. Cromwell G.L., Why and how antibiotics are used in swine production / G.L. Cromwell, *Anim. Biotechnol*, 2020, Vol. 13, pp. 7–27.
5. Kosakowska O., Węglarz Z., Pióro-Jabrucka E. et al., Antioxidant and Antibacterial Activity of Essential Oils and Hydroethanolic Extracts of Greek Oregano and Common Oregano, *Molecules*, 2021 Feb, Vol. 26 (4), pp. 988, DOI: 10.3390/molecules26040988 PMCID: PMC7918425.
6. Sivropoulou A., Papanikolaou E., Nikolaou C. et al., Antimicrobial and cytotoxic activities of Origanum essential oils, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, Vol. 44 (5), pp. 1202–1205, DOI: 10.1021/jf950540t.
7. Stefanakis M.K., Touloupakis E., Anastasopoulos E. et al., Antibacterial activity of essential oils from plants of the genus Origanum, *Food Control*., 2018, Vol. 34, pp. 539–546, DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.05.024.
8. Vaseva E.M., Malishevskaya O.I., Nikolenko M.V., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2021, No. 6–2 (108), pp. 11–14. (In Russ.)
9. ZHuchenko E.V., Semenova E.F., Markelova N.N., SHpichka A.I., Knyaz'kova A.A., *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Estestvennye nauki*, 2015, No. 1 (9), S. 30–41. (In Russ.)
10. Nikolenko M.V., Rusakova O.A., Pastuhov M.V. i dr., *Universitetskaya medicina Urala*, 2018, T. 4, № 2 (13), pp. 22–24. (In Russ.)
11. Lomovskiy I.O., Koptev V.Yu., Balybina N.Yu., Tikhova V.D. et al., Antibacterial activity of polyphenols derived mechanochemically from natural raw materials, *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 2023, T. 16, No. 1, pp. 16–27.
12. *Rastitel'nye resursy SSSR* (Plant resources of the USSR), Leningrad – Sankt-Peterburg: Nauka, 1985–1993. Vyp. 1.
13. 13. Petrova P.I., Bahtenko E.YU., Zagoskina N.V. i dr., *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 2013, No. 1, pp. 165–169.
14. Miroshnikov P.N., Sorokoletov O.N., ZHuchaev K.V., *Patent na izobretenie 2791450 C1*, Sposob polucheniya ekstraktov iz lekarstvennogo syr'ya, 07.03.2023, Zayavka № 2022112703 ot 05.05.2022. (In Russ.)
15. Gerba C.P., Smith J.E., Sources of pathogenic microorganisms and their fate during land application of wastes, *J. Environ. Qual*., 2015, Vol. 34, pp. 42–48.
16. Tenaillon O., Skurnik D., Picard B. et al., The population genetics of commensal Escherichia coli, *Nature Reviews. Microbiology*, 2017, Vol. 8 (3), DOI:10.1038/nrmicro2298.
17. Todar K., Salmonella and Salmonellosis, *Todar's Online Textbook of Bacteriology*: https://www.textbookofbacteriology.net/. (data obrashcheniya 03.10.2020).
18. Tong S., Davis J., Eichenberger E., Holland T. et al., Staphylococcus aureus infections: epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management, *Clinical Microbiology Reviews*, 2015, Vol. 28 (3), pp. 603–661, DOI:10.1128/CMR.00134-14.
19. Luzhanin V.G., Uejli A.K., Ponkratova A.O. i dr., *Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv*, 2022, T. 11, No. 2, pp. 65–72. (In Russ.)
20. Milevskaya V.V., Temerdashev Z.A., Butyl'skaya T.S., Kiseleva N.V., *ZHurnal analiticheskoj himii*, 2017,T. 72, No. 3, pp. 273–279. (In Russ.)
21. Esen G., Azaz A.D., Kurkcuoglu M. et al., Essential oil and antimicrobial activity of wild and cultivated Origanum vulgare L. subsp. hirtum (Link) letswaart from the Marmara region, Turkey, *Flavour Frag. J.*, 2017, Vol. 22, pp. 371–376.

УДК 639.3.07
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-241-252

ЕСТЕСТВЕННАЯ КОРМОВАЯ БАЗА РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕГОЛЕТКОВ КАРПА

И.В. Морузи, доктор биологических наук, профессор
Е.М. Митяев, магистрант
Е.В. Пищенко, доктор биологических наук, профессор
Л.А. Осинцева, доктор биологических наук, профессор
Д.В. Кропачев, кандидат билогических наук, доцент
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: irina moruzi@mail.ru

Ключевые слова: естественная кормовая база, рыбопродуктивность, зоопланктон, выростные пруды, личинка, сеголеток, карпа, плотность посадки, температура.

Реферат. *Исследование естественной кормовой базы выростных прудов рыбоводного хозяйства ООО «Экопарк» Мошковского района Новосибирской области было проведено в июле–августе 2022 г. В прудах выращивали сеголетков карпа с плотностью посадки 34,77 и 57,73 тыс/га. За период выращивания было скормлено сеголеткам карпа по 5000 кг кормовой смеси в виде дробленого зерна ячменя и пшеницы в равных долях. Видовой состав зоопланктона изученных водоёмов монотонный и представлен 9 видами. Во всех водоёмах наблюдалось непостоянное видовое разнообразие. Численность зоопланктона в июле в прудах №5 и №2 была 76344,45 и 48311,11 экз/м^3, в августе – 56800 и 48616,67 экз/м^3; биомасса – в пределах 2724,88-5777,86 и 1618,65-2258,73 мг/м^3 соответственно. Дисперсионный анализ показал, что существует зависимость между массой сеголетков и биомассой зоопланктона. Она составляет 0,70, это говорит о том, что с ростом биомассы зоопланктона увеличивается масса сеголетков карпа. Выявленные различия темпов линейного роста и массы в зависимости от плотности посадки позволяют установить рыбопродуктивность – в пруду №2 она составила 806,4, в пруду №5 – 878,4 кг/га. Посадка 37,33 экз/га является более продуктивной и дает лучшие показатели роста (средняя длина и масса сеголетков карпа на конец исследования 10,91 см и 26,96 г соответственно), нежели посадка 57,77 экз/га (средняя длина и масса на конец исследования 9,70 см и 18,67 г соответственно). Плотность посадки 37 тыс.экз/га позволяет выращивать сеголетков стандартной массы 25-26 г. Влияние фактора плотности посадки на массу сеголетков составляет 0,92 (при уровне P>0,001). Рыбопродуктивность в пруду №2 составила 806,4 кг/га, в пруду №5 – 878,4 кг/га.*

NATURAL FOOD BASE OF FISH CULTURE PONDS AND ITS USE IN GROWING FELLOW OF CARP

I.V. Moruzi, Doctor of Biology, Professor
EAT. Mityaev, Master's Student
E.V. Pishchenko, Doctor of Biological Sciences, Professor
L.A. Osintseva, Doctor of Biology Sciences, Professor
D.V. Kropachev, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: irina moruzi@mail.ru

Keywords: natural food supply, fish productivity, zooplankton, nursery ponds, larvae, fingerlings, carp, stocking density, temperature.

Abstract. *A study of the natural food supply of the nursery ponds of Ecopark LLC's fish farm in the Moshkovsky district of the Novosibirsk region was carried out in July–August 2022. Carp fingerlings were raised in the ponds with a stocking density of 34.77 and 57.73 thousand/ha. During the growing period, carp fingerlings were fed 5000 kg of feed mixture in equal parts of crushed barley and wheat grains. The species composition of zooplankton in the studied reservoirs is monotonous and is represented by nine species. Variable species diversity was observed in all reservoirs. The number of zooplankton in July in ponds No. 5 and No. 2 was 76344.45 and 48311.11 ind./m3,*

in August – 56800 and 48616.67 ind./m3; biomass – in the range of 2724.88-5777.86 and 1618.65-2258.73 mg/m3, respectively. Analysis of variance showed a relationship between the mass of under-yearlings and zooplankton biomass. It is 0.70, which indicates that the mass of carp under-yearlings increases with an increase in zooplankton biomass. The identified differences in the rates of linear growth and weight depending on the stocking density make it possible to establish fish productivity - in pond No. 2. It was 806.4. In pond No. 5 - it was 878.4 kg/ha. Planting 37.33 ind./ha is more productive and gives better growth indicators (average length and weight of carp fingerlings at the end of the study are 10.91 cm and 26.96 g, respectively) than planting 57.77 ind./ha (average length and weight at the back of the study 9.70 cm and 18.67 g, respectively). The planting density of 37 thousand specimens/ha makes it possible to grow fingerlings with a standard weight of 25-26 g. The influence of the stocking density factor on the weight of fingerlings is 0.92 (at a level of P>0.001). Fish productivity in Pond No. 2 was 806.4 kg/ha, and in Pond No. 5, it was 878.4 kg/ha.

Понятие естественной кормовой базы водоемов подразумевает уровень развития различных форм водных организмов, таких как фитопланктон, зоопланктон, бентос. Их потребление рыбами определяет естественную рыбопродуктивность. Большая доля в формировании рыбопродуктивности приходится на сообщество зоопланктона, поскольку оно обладает большей биомассой на фоне остальных организмов, входящих в понятие естественной кормовой базы [1]. Особенно большой вклад вносит зоопланктон в формирование рыбопродуктивности при выращивании сеголетков карпа, которые активно питаются зоопланктоном в течение всего периода выращивания [1].

Зоопланктон составляет неотъемлемую часть естественной кормовой базы прудов при выращивании рыбопосадочного материала карпа. На ранних стадиях онтогенеза, когда активность собственных пищеварительных ферментов у карпа крайне низка, личинка плохо усваивает высокомолекулярные соединения [2]. Использование живого корма оказывает положительное влияние на ферментативную систему карпа, активизирует биохимические процессы в организме рыбы, в результате чего рыба эффективно усваивает искусственные корма. Зоопланктонные организмы являются источником витаминов, минеральных веществ и других биологически активных соединений, необходимых рыбе для нормальной жизнедеятельности.

При потреблении гидробионтов высоко значение такого пищеварительного механизма, как индуцированный аутолиз [3], при котором переваривание жертвы осуществляется как ферментами самой рыбы, так и собственными ферментами жертвы. Это способствует снижению энергетических и пластических затрат рыбы при потреблении организмов, входящих в состав естественной кормовой базы.

Значительная роль зоопланктона в рационе сеголетков карпа, особенно на первых этапах развития, доказана во многих исследованиях [5–8]. Большинство работ по этому направлению выполнено в европейской части России и их результаты не могут быть применены в условиях Западной Сибири [9–11]. Это связано с особенностями климата первой рыбоводной зоны, в которой продолжительность периода с биологически активными температурами выше 15 ^{0}C составляет всего 60–75 дней. В исследованиях сибирских ученых основной целью интродукционных мероприятий являлось установление влияния вселенцев на продуктивные показатели зоопланктона и рыбопродуктивность прудов [12–15]. В работах С.В. Севастеева [14–16] рассматривался вопрос реконструкция сообщества зоопланктона при интродукции *D. magna* и *M. rectirostris* в выростные пруды, что способствует увеличению его биомассы, продукции и доступности для сеголетков карпа. В прудах, как правило, сообщество зоопланктона более монотонно, чем озерах. Это связано с тем, что рыбоводные пруды – периодически сливаемые водоемы, и в зимние период дно их промерзает до 1 м.

На формирование, развитие и существование зоопланктонных сообществ в прудах в течение вегетационного периода влияет совокупность абиотических и биотических факторов, основные их них – температура воды в водоеме, состав и численность ихтиофауны, «цветение» воды и т. д. Изменение комплекса показателей и усиление либо же ослабление влияния отдельных факторов приводит изменению сезонной динамики зоопланктонных сообществ, имеющих, скорее, неровный характер, нежели поступательный [17,18]. Для

прудов, так же как для озер, характерна смена сукцессий, ранний весенний коловраточный зоопланктон переходит в рачковый, а после вновь сменяется коловраточным.

Целью наших исследований было оценить уровень развития зоопланктона в выростных прудах Новосибирской области и установить влияние его на темп роста сеголетков карпа, выращиваемых при разных плотностях посадки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования послужили выростные карповые пруды хозяйства «ООО Экопарк» Мошковского района Новосибирской области. Площадь водоемов 15 га. Хозяйство расположено в первой рыбоводной зоне, период с продуктивными температурами воды выше 15^0C составляет 60–75 дней, сумма тепла лежит в пределах 1200–1600 градусодней, естественная рыбопродуктивность 70–80 кг/га.

Пробы зоопланктона были отобраны путем процеживания 100 л воды через сеть Апштейна. Собранный зоопланктон фиксировали 40%-м формалином.

Камеральная обработка проб зоопланктона была проведена по общепринятым методикам. Численность и видовой состав зоопланктеров просчитывали в камере Богорова и на стеклянной пластинке. При определении зоопланктонных организмов использовались определители по низшим ракообразным А.А. Бенинга (1941), по ветвистоусым ракообразным – Е.Ф. Мануйловой (1964), по веслоногим – В.М. Рылова (1930,1940), коловраткам – Л.А. Кутиковой (1970).

Пруды были зарыблены 15 июня 2022 г. 10-дневными личинками карпа с плотностью посадки в пруд № 2 – 40 тыс/га и № 5 – 60 тыс/га. При облове плотность посадки составила 37,33 и 57,77 тыс/га соответственно.

Отлов сеголетков проводили в период со 2 июля по 16 августа 2022 г. с интервалом в 10 дней из двух выростных прудов (№ 2 и № 5). Для отлова использовали мордушку, которую выставляли утром в 6 ч и снимали в 16 ч.

Количество попавших в мордушку рыб варьировал в пределах от 30 до более 150 особей в зависимости от погодных условий и времени нахождения мордушки непосредственно в местах кормовых точек.

В случайном порядке выбирали 15 особей для дальнейшего измерения. Рыб взвешивали на электронных весах с точностью до 1 г, линейные измерения проводили на мерной доске с помощью линейки с точностью 0,1 мм.

Морфология рыб изучена по методике И. Ф. Правдина, были промерены: L – абсолютная длина тела, l – длина тела (без хвостового плавника), C – длина головы, H – наибольшая высота тела, U – обхват тела.

Статистический анализ проводили с применением пакетов программ Microsoft Excel и использованием алгоритмов А.Н. Плохинского и Г.Ф. Лакина.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования зоопланктонных проб были направлены на определение видового состава сообществ, его численности и биомассы. Всего было найдено 9 видов зоопланктёров. Ветвистоусые были представлены пятью видами (сем. Daphniidae Straus*: Chydorus sphaericus* O.F. Muller, *Diaphanosoma brachyurum* Lievin, *Ceriodaphnia reticulata* Dana, *Bosmina longiros*tris, Eubosmina; сем. Polyphemidae: *Polyphemus pediculus* Linnaeus.), коловратки – двумя видами (*Keratella quadrata* O.F. Muller, *Brachionus caliceflorus* Pallas.) и веслоногие ракообразные –двумя видами (*Mesocyclops leuckarti* Claus, *Diaptomus* sp.).

Видовая структура зооплактонного сообщества была одинакова в двух прудах. Однако при этом в составе зоопланктонного сообщества степень их численного преобладания различалась.

В пруду № 5 представители подкласса Copepoda имели наибольший процент встречаемости 13 июля 2022 г. В период с 21 июля по 16 августа 2022 г. наблюдается тенденция к росту частоты встречаемости представителей типа Rotatoria. Это связано с понижением общей температуры атмосферного воздуха, что влечет за собой уменьшение температуры воды и увеличение процента встречаемости мелких форм зоопланктонных организмов. На протяжении всего периода сохраняется высокий процент встречаемости зоопланктёров подкласса Copepoda, что в большей мере влияет на общую биомассу (рис. 1).

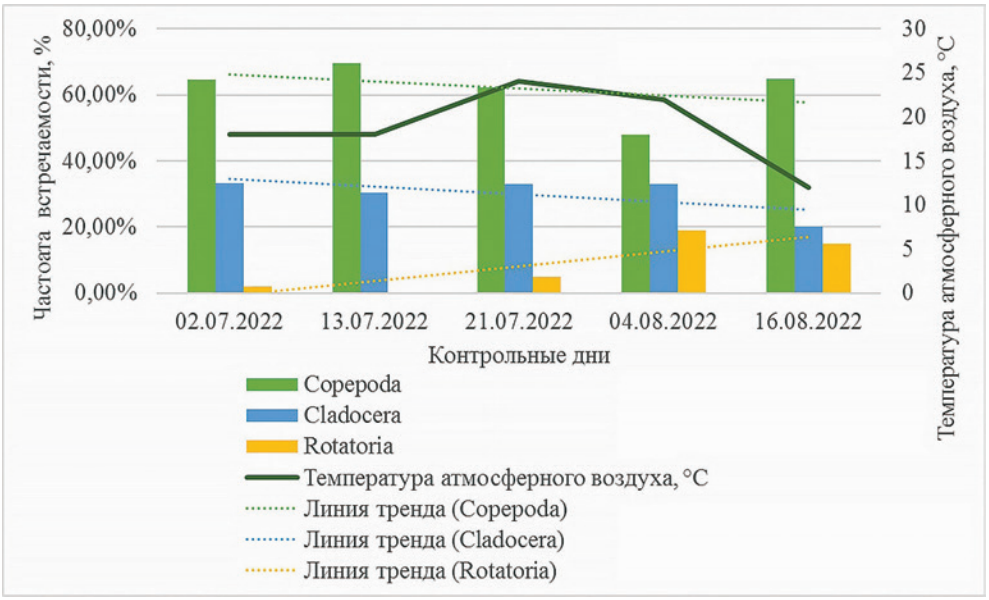


Рис. 1. Частота встречаемости зоопланктона в пруду №5

Frequency of occurrence of zooplankton in pond No. 5

В пруду № 2 представители надотряда Cladocera имели наибольший процент и встречались почти в каждый день наблюдения. За весь период наблюдений обнаруживается тенденция к росту частоты встречаемости представителей типа Rotatoria. Это связано с понижением общей температуры атмосферного воздуха, в связи с чем уменьшается температура воды и увеличивается процент встречаемости мелких форм зоопланктонных организмов. На протяжении всего периода сохраняется высокий процент встречаемости представителей Cladocera, что имеет влияние на пониженное значение общей биомассы по сравнению с прудом № 5 (рис. 2).

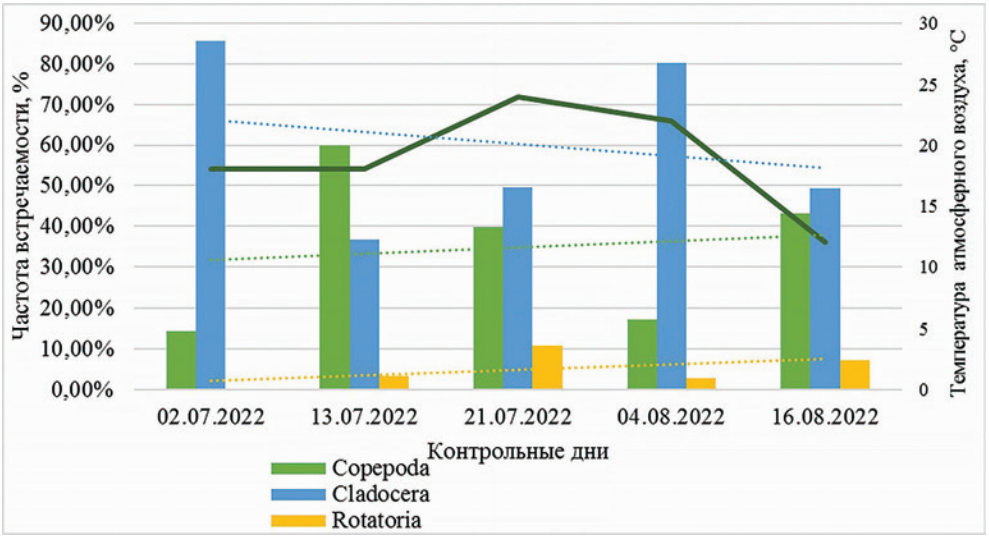


Рис. 2. Частота встречаемости зоопланктона в пруду №2

Frequency of occurrence of zooplankton in pond No. 2

Построенная нами линия тренда указывает, что при снижении температуры происходит уменьшение численности крупных форм зоопланктонных организмов (Copepoda в большинстве и Cladocera) и, в свою очередь, увеличение численности мелких форм группы Rotatoria (рис. 3, 4).

Информация по температуре атмосферного воздуха была взята с информационного портала Gismeteo.

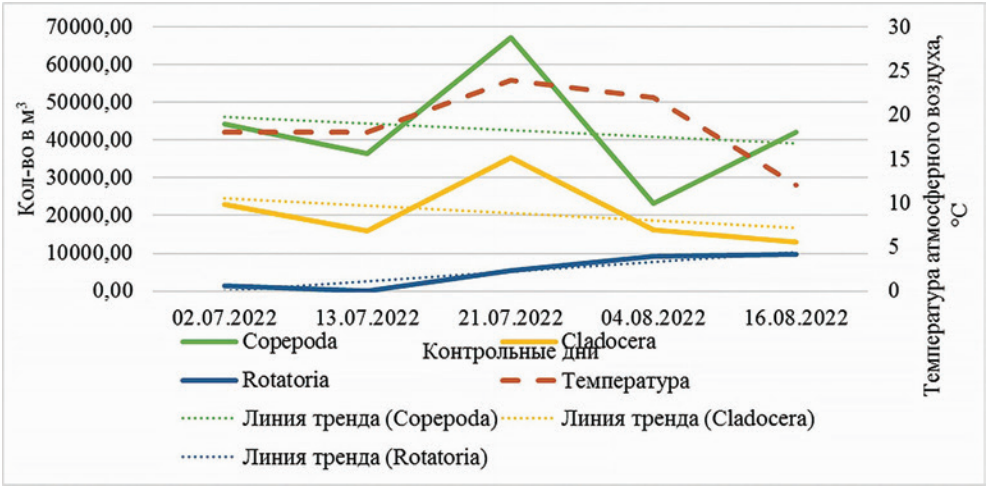


Рис. 3. Численность зоопланктона в пруду №5
The number of zooplankton in Pond No. 5

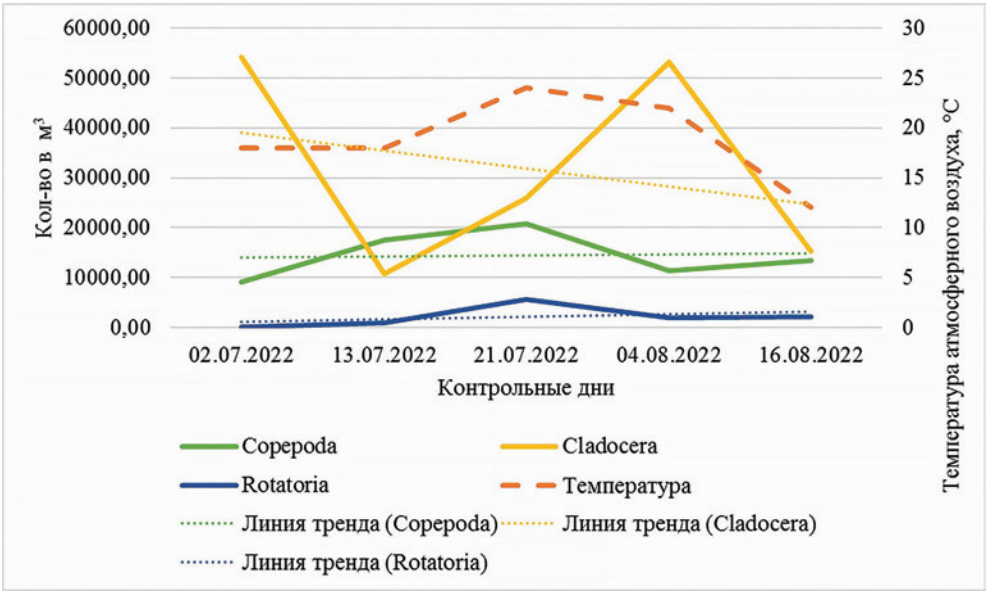


Рис. 4. Численность зоопланктона в пруду №2
The number of zooplankton in Pond No. 2

Таблица 1

Частота встречаемости таксонов зоопланктона по датам исследования, %
Frequency of occurrence of zooplankton taxa by study dates, %

Дата	Номер пруда	Copepoda	Cladocera	Rotatoria
1	2	3	4	5
02.07.2022	5	64,61	33,30	2,09
	2	14,29	85,71	0,00
13.07.2022	5	69,63	30,37	0,00
	2	59,86	36,73	3,40
21.07.2022	5	62,19	32,84	4,97
	2	39,77	49,59	10,64

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
04.08.2022	5	47,98	33,10	18,92
	2	17,06	80,13	2,81
16.08.2022	5	64,96	20,11	14,93
	2	43,29	49,46	7,25

Значение численности в разные дни колебалось (табл. 1). Наивысшее значение численности зоопланктонных форм наблюдалось 21 июля 2022 г. в пруду № 5 и составляло 107900 экз/м^3, в пруду № 2 наивысшее значение достигало 66433 экз/м^3 и было зафиксировано 4 августа 2022 г. Высокое значение численности обусловлено наивысшей температурой атмосферного воздуха за весь период наблюдений. Наименьший показатель численности в пруду № 5 наблюдался 4 августа 2022 г. и составлял 48633 экз/м^3, во пруду № 2 – 30800 экз/м^3 16 августа 2022 г. По линии тренда видно, что имеется тенденция к понижению общей температуры атмосферного воздуха, что влечет за собой снижение общей численности зоопланктонных организмов (рис. 5, табл. 2).

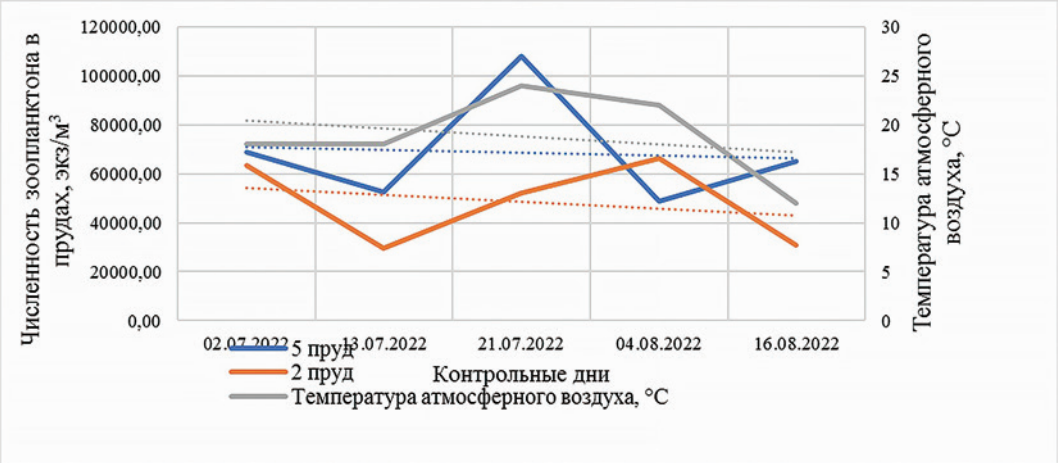


Рис. 5. Общая численность зоопланктона в прудах

Total number of zooplankton in ponds

Таблица 2

Общая численность зоопланктона в прудах, тыс. экз/м^3
Total number of zooplankton in ponds, thousand ind./m^3

Дата	Номер пруда	Copepoda	Cladocera	Rotatoria	Для всех организмов
02.07.2022	5	44366,67	22866,67	1433,33	68666,67
	2	9033,33	54200,00	0,00	63233,33
13.07.2022	5	36533,33	15933,33	0,00	52466,67
	2	17600,00	10800,00	1000,00	29400,00
21.07.2022	5	67100,00	35433,33	5366,67	107900,00
	2	20800,00	25933,33	5566,67	52300,00
04.08.2022	5	23333,33	16100,00	9200,00	48633,33
	2	11333,33	53233,33	1866,67	66433,33
16.08.2022	5	42200,00	13066,67	9700,00	64966,67
	2	13333,33	15233,33	2233,33	30800,00

Общая биомасса зоопланктона в прудах имела наивысший показатель 21 июля 2022 г. и составляла 5777,86 и 2603,72 г/м^3 в 5-м и 2-м пруду соответственно. Самый низкий показатель в пруду № 5 составлял 2724,88 г/м^3, в пруду № 2 наименьший показатель – 1618,65 г/м^3 наблюдался 16 августа 2022 г. Линия тренда указывает на снижение общей биомассы к концу наблюдений, что обусловлено снижением температуры атмосферного воздуха и воды (рис. 6, табл. 3).

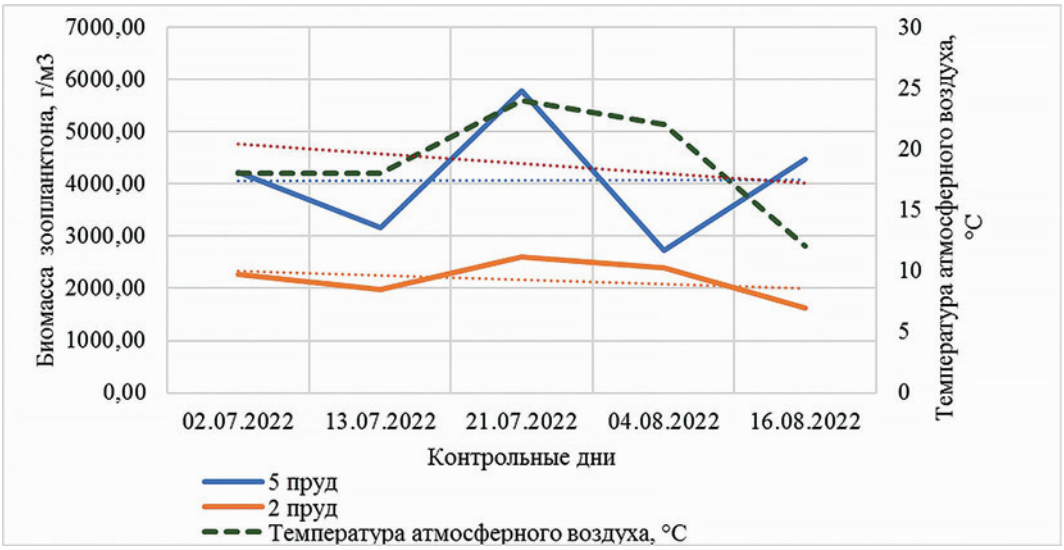


Рис. 6. Общая биомасса зоопланктона в прудах

Total biomass of zooplankton in ponds

Проведенные исследования показали, что понижение температуры отрицательно сказывается на численности крупных зоопланктонных форм. На графиках биомассы в прудах № 2 и № 5 в период с 13 по 21 июля 2022 г. значение биомассы Copepoda достигает пиковых значений, после чего наблюдается резкий спад, что, вероятнее всего, связано с понижением температуры (рис. 7, 8).

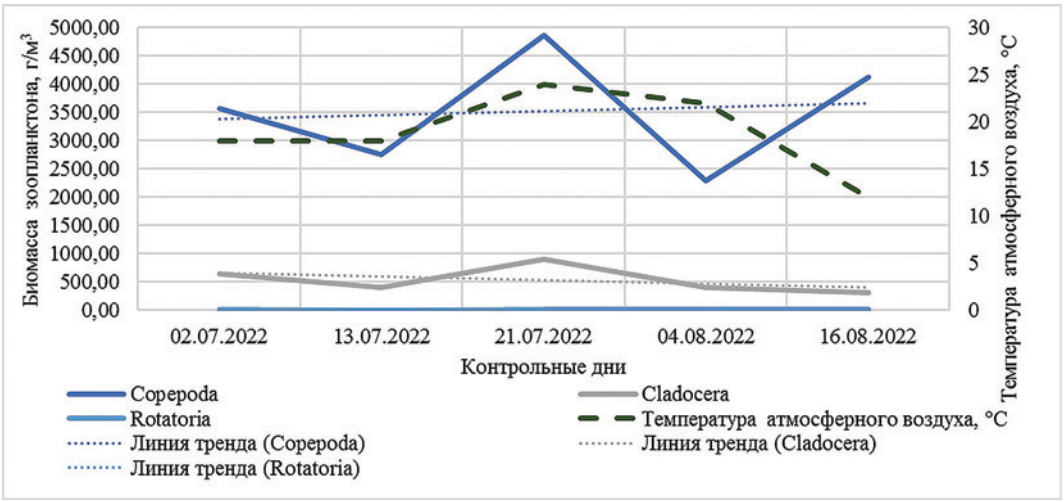


Рис. 7. Биомасса зоопланктона в пруду №5

Biomass of zooplankton in Pond No. 5

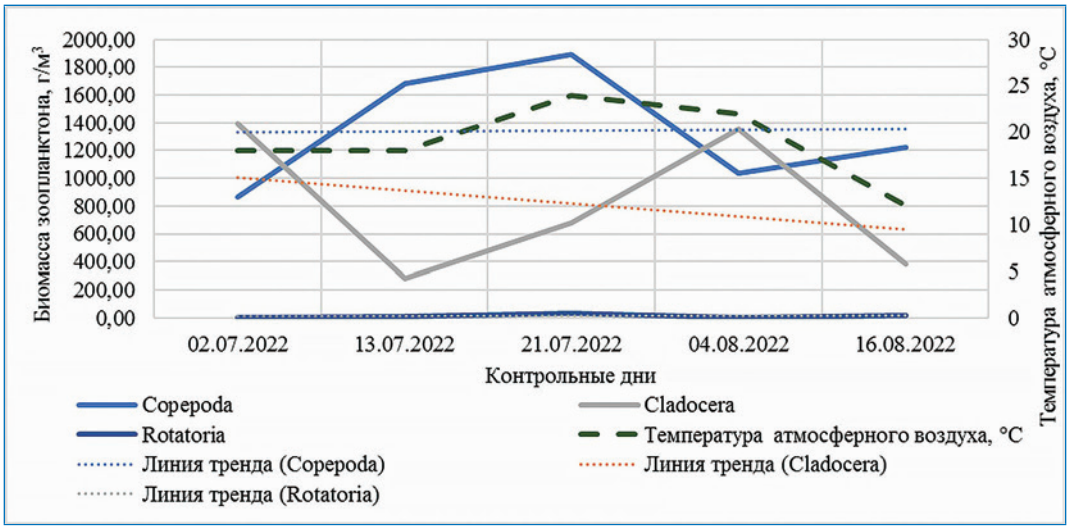


Рис. 8. Биомасса зоопланктона в пруду №2
Biomass of zooplankton in Pond No. 2

Таблица 3

Биомасса зоопланктона в прудах, г/м³
Zooplankton biomass in ponds, g/m³

Дата	Номер пруда	Copepoda	Cladocera	Rotatoria	Для всех организмов
02.07.2022	5	3563,50	642,30	8,71	4214,51
	2	865,50	1393,23	0,00	2258,73
13.07.2022	5	2760,27	400,24	0,00	3160,50
	2	1684,80	278,30	6,50	1969,60
21.07.2022	5	4855,17	911,60	11,09	5777,86
	2	1894,93	678,10	30,69	2603,72
04.08.2022	5	2291,87	409,00	24,01	2724,88
	2	1036,67	1352,87	0,75	2390,28
16.08.2022	5	4127,67	320,43	25,03	4473,13
	2	1220,80	383,34	14,52	1618,65

Исходя из значения коэффициента P/B для водоемов севера Западной Сибири, равного 5, расчетная естественная рыбопродуктивность в пруду № 5 составляет 74,47 кг/га, в пруду № 2 – 37,38 кг/га (табл. 4).

Таблица 4

Рыбородуктивность зоопланктона в выростных прудах
Zooplankton productivity in rearing ponds

Показатель	Пруд № 5	Пруд № 2
Площадь водоема, га	4,5	4,5
Для всего водоема, кг	335,12	168,21
Продуктивность, кг/га	74,47	37,38

Нами была изучена зависимость между массой особи сеголетка в период наблюдений и биомассой зоопланктона и установлено, что понижение биомассы зоопланктона влечет за

собой повышение массы сеголетков, что свидетельствует о выедании зоопланктона карпом.

Следует отметить, пруды изначально имели разную плотность посадки личинок карпа – 168 и 260 тыс. шт. во 2-м и 5-м пруду соответственно (или 37,33 и 57,77 экз/га). Линия тренда, характеризующая биомассу в пруду № 2 за время исследования, указывает на снижение продукции зоопланктона, в это же время наблюдается повышение массы сеголетков, что объясняется выеданием зоопланктона сеголетками карпа по мере роста (рис. 9).

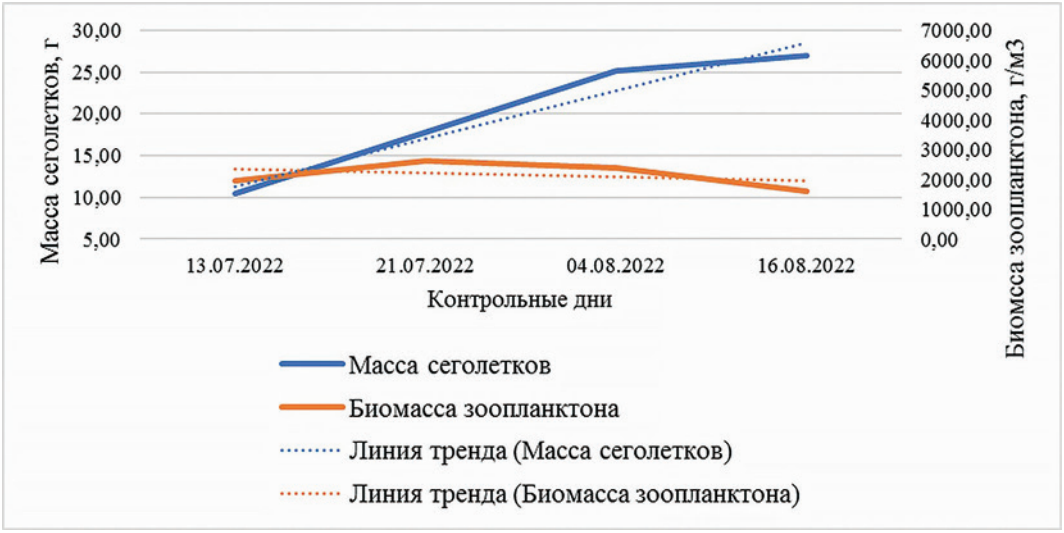


Рис. 9. Зависимость массы сеголетков от общей биомассы зоопланктона в пруду №2

Dependence of the mass of fingerlings on the total biomass of zooplankton in pond No. 2

В пруду № 5, где плотность посадки сеголетков составляет 57,77 экз/га, с 13 по 21 июля 2022 г. наблюдается активный рост биомассы зоопланктона и умеренное увеличение массы сеголетков. С 21 июля по 4 августа 2022 г. отмечается интенсивный набор массы сеголетков и сильное уменьшение биомассы зоопланктона, что связанно с выеданием его рыбой. В период с 04 по 16 августа 2022 г. вновь наблюдается интенсивное повышение биомассы зоопланктона и небольшое снижение массы сеголетков. Пониженный показатель биомассы зоопланктона 4 августа 2022 г. характеризует недостаточное количество биомассы зоопланктона для активного роста сеголетка (рис. 10). В этот момент рыбу начали кормить искусственными кормами, и её рацион питания несколько изменился.

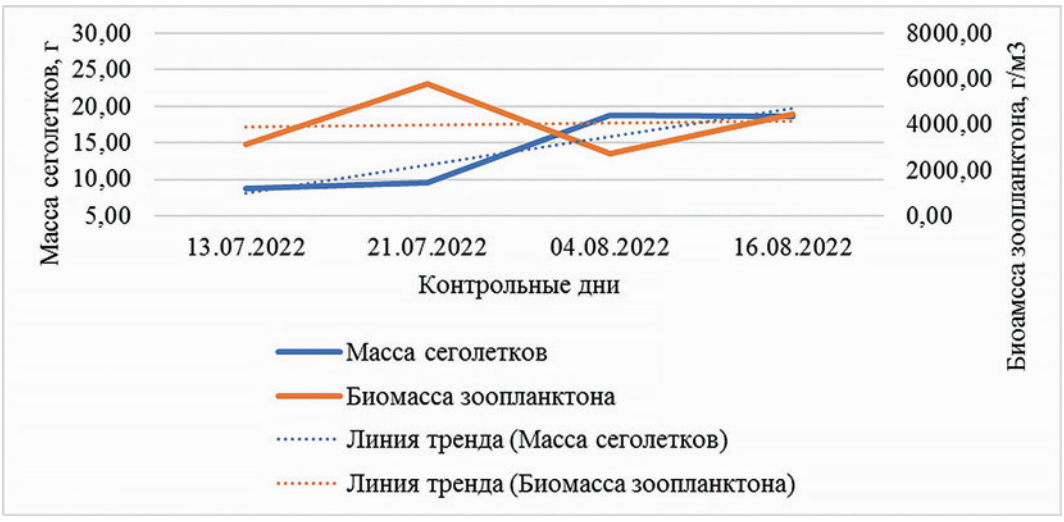


Рис. 10. Зависимость массы сеголетков от общей биомассы зоопланктона в пруду №5

Dependence of the mass of fingerlings on the total biomass of zooplankton in pond No. 5

Методом дисперсионного анализа была определена сила влияния фактора температуры на биомассу и численность зоопланктона, которая составила 0,72, что говорит о большой доле этого фактора.

Влияние фактора плотности посадки на биомассу зоопланктона – 0,91, что также свидетельствует о сильном влиянии этого фактора.

С помощью корреляционного коэффициента Пирсона была определена зависимость между массой сеголетков и биомассой зоопланктона. Коэффициент корреляции составил 0,70. Значения коэффициента 0,7 – 0,9 указывают на сильную положительную корреляцию, т. е. с ростом биомассы зоопланктона увеличивается масса сеголетков карпа.

Рыбопродуктивность при облове в пруду № 2 составила 806,4 кг/га, в пруду № 5 – 878,4 кг/га. Такие показатели были получены за счет достаточно высокого уровня кормления. Сеголетков кормили дробленой кормосмесью, в состав которой входило 60% ячменя и 40% гороха. Затраты корма и составили 2,0 кг на 1 кг прироста.

ВЫВОДЫ

1. Видовой состав зоопланктона изученных водоёмов представлен 9 видами. Во всех водоёмах наблюдалось непостоянное видовое разнообразие. Численность зоопланктона в июле в прудах № 5 и 2 составила 76344,45 и 48311,11 экз/м^3, биомасса – 4384,29 и 2277,34 г/м^3; в августе – 56800 и 48616,67 экз/м^3, 3599 и 2004,47 г/м$^{3.}$ соответственно.

3. Дисперсионный анализ показал, что существует зависимость между массой сеголетков и биомассой зоопланктона. Она составляет 0,70, это говорит о том, что с ростом биомассы зоопланктона увеличивается масса сеголетков карпа.

5. Выявленные различия темпов линейного роста и массы в зависимости от плотности посадки позволяют утверждать, что посадка 37,33 экз/га является более продуктивной и дает лучшие показатели роста (средняя длина и масса сеголетка на конец исследования 10,91 см и 26,96 г соответственно), нежели посадка 57,77 экз/га (средняя длина и масса на конец исследования 9,70 см и 18,67 г соответственно). Такая плотность посадки позволяет выращивать сеголетка стандартной массы. Влияние фактора плотности посадки на массу сеголетков составляет 0,92 (при уровне P>0,001).

6. Сила влияния температуры воздуха на биомассу планктона составляет 0,72 (P≥ 0,95). Влияние фактора плотности посадки на биомассу зоопланктона – 0,91 (P≥0,95). Такие значения позволяют утверждать, что оба эти фактора имеют большое влияние на биомассу зоопланктона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Браво К.Р., Воронова Г.П.* Зоопланктон вырастных прудов при выращивании крупного посадочного материала карпа // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2012. – № 28. – С. 50–58. – https://fish.belal.by/jour/article/view/244/247.
2. *Ильина И.Д., Турецкий В.И.* Особенности пищеварения личинок карпа // Биологические основы рационального кормления рыбы: сб. тр. – М., 1986. – Вып. 49. – С. 45–54.
3. *Пучков Н.В.* Физиология рыб. – М.: Пищепромиздат, 1955. — 365 с.
4. *Развитие* сообщества зоопланктона в выростных прудах Новосибирской области при выращивании сеголетков карпа с применением пробиотика «СИБмос-ПРО» / Е.В. Пищенко, И.В. Морузи, В.Е. Осипова, О.А. Воробьёва // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 9. – С. 9–17
5. *Артамонова Т.Н.* Характер питания и степень обеспеченности пищей молоди карпа в первый месяц ее выращивания в выростных прудах // Вопросы интенсификации прудового рыбоводства: сб. науч. тр. – М., 1984. – Вып. 41. – С. 89–100.
6. *Мумжу Э.А.* Влияние концентрации организмов на питание молоди карпов и белого толстолобика на ранних стадиях развития// Совершенствование биотехники прудового рыбоводства: сб. науч. тр. / ВНИИПРХ. – М., 1979. – Вып. 25. – С. 104–109.
7. *Максимова Л.П.* Биология моин и коловраток и их разведение в качестве живых кормов и личинок сиговых рыб // Известия ГосНИОРХ. – Л., 1968. – Т. 67. – С. 107–135.

8. *Комплексная* интродукция Daphnia magna Straus в выростные пруды / К.Б. Богатова, З.К. Шмакова, Н.А. Тагирова, Н.П. Жемаева // Комплексная интенсификация прудового рыбоводства: сб. науч. тр./ ВНИИПРХ. – М., 1989. – Вып. 56. – С. 13–17.
9. *Орлова З.И.* Зоопланктон некоторых выростных прудов рыбопитомника «Ропша» при интродукции в них D. magna (Straus)// Индустриальные методы рыбоводства. – М., 1972. – Вып. 1. – С. 80–90.
10. *Богатова И.Б.* Промышленное разведение ветвистоусых ракообразных в СССР // Современные проблемы изучения ветвистоусых ракообразных. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – С. 122–129.
11. *Моисеев Н.Н.* Опыт использования моины макрокопа для повышения рыбопродуктивности выростных прудов // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования. – Томск, 1998. – С. 295–297.
12. *Моисеев Н.Н., Бузмаков Г.Т.* Выращивание живого корма для молоди карпа: Информационный листок ЦНТИ. – Новосибирск, 1978. – № 268–78. – 3 с.
13. *Моисеев Н.Н., Пальвелев И.В.* Аулофорус фуркатус – живой корм для молоди рыб // Интенсификация прудового, индустриального и озерного рыбоводства в агропромышленном комплексе Сибири. – Томск, 1989. – С. 27.
14. *Севастеев С.В.* Влияние реконструкции сообщества зоопланктона выростных прудов на выравненность массы сеголетков карпа // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. – № 12. – С. 32–37.
15. *Севастеев С.В.* Возможность создания регулируемой водной экосистемы // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2007. – № 6. – С. 35–41.
16. *Севастеев С.В.* Изменение рыбопродуктивности выростных прудов под влиянием вселения *M. rectirostris* Leydig и *D. magna* Straus. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 8. – С. 63–68.
17. *Запасы* и освоение водных биологических ресурсов в водных объектах Алтайского края / А.Ю. Лукерин, Г.А. Романенко, И.В. Морузи, И.Ю.Теряева // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН: тез. докл. – 2019. – С. 311–312.
18. *Зоопланктон* озёр Кыштовского и Венгерского районов Новосибирской области / Ю.В. Цыганкова, Е.А. Архангельская, И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, П.В. Белоусов, Д.В. Кропачев // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии. –2019. – С. 48–49.

REFERENCES

1. Bravo K.R., Voronova G.P., *Voprosy rybnogo hozyajstva Belarusi*, 2012, No. 28, pp. 50–58, https://fish.belal.by/jour/article/view/244/247. (In Russ.)
2. Il'ina, I.D., Tureckij V.I., *Biologicheskie osnovy racional'nogo kormleniya ryby*, Moscow, 1986, Vyp. 49, pp. 45–54. (In Russ.)
3. Puchkov N.V., *Fiziologiya ryb* (Physiology of fish), Pishchepromizdat, 1955, 365 p.
4. Pishchenko E.V., Moruzi I.V., Osipova V.E., Vorob'yova O.A., *Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo*, 2020, No. 9, pp. 9–17. (In Russ.)
5. 5. Artamonova T.N., *Voprosy intensifikacii prudovogo rybovodstva* (Issues of intensification of pond fish farming), Collection of works, Moscow, 1984, Vyp. 41, pp. 89–100. (In Russ.)
6. Mumzhu E.A., *Sovershenstvo-vanie biotekhniki prudovogo rybovodstva* (), Collection of works, VNIIPRH, Moscow, 1979, Vyp. 25, pp. 104–109. (In Russ.)
7. Maksimova L.P., *Izvestia GosNIORH*, Leningrad, 1968, T. 67, pp. 107–135. (In Russ.)
8. Bogatova K.B., SHmakova Z.K, Tagirova N.A., ZHema-eva N.P., *Kompleksnaya intensifikaciya prudovogo rybovodstva* (Integrated intensification of pond fish farming), Collection of works, Moscow, 1989, Vyp. 56, pp. 13–17. (In Russ.)
9. 9. Orlova Z.I., *Industrial'nye metody rybovodstva*, Moscow, 1972, Vyp. 1, pp. 80–90. (In Russ.)
10. Bogatova I.B., *Sovremennye problemy izucheniya vetvistousyh rakoob-raznyh*, Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat, 1992, pp. 122–129. (In Russ.)
11. Moiseev N.N., *Sostoyanie vodnyh ekosistem Sibiri i perspektivy ih ispol'zovaniya*, Tomsk, 1998, pp. 295–297. (In Russ.)
12. Moiseev H.H., Buzmakov G.T., *Informa-cionnyj listok CNTI*, Novosibirsk, 1978, No. 268-78, 3 p. (In Russ.)

13. Moiseev H.H., Pal'velev I.V., *Intensifikaciya prudovogo, industrial'nogo i ozernogo rybovodstva v agropromyshlennom komplekse Sibiri* (Intensification of pond, industrial and lake fish farming in the agro-industrial complex of Siberia), Collection of works, Tomsk, 1989, pp. 27. (In Russ.)
14. Sevasteev S.V., *Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo*, 2006, No. 12, pp. 32–37. (In Russ.)
15. Sevasteev S.V., *Rybovodstvo i rybnoe hozyajstvo*, 2007, No. 6, pp. 35–41. (In Russ.)
16. Sevasteev S.V., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2007, No. 8, pp. 63–68. (In Russ.)
17. Lukerin A.YU., Romanenko G.A., Moruzi I.V., Teryaeva I.YU., *XII S"ezd Gidrobiologicheskogo obshchestva pri RAN* (XII Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences), Proceedings of the Conference Title, 2019, pp. 311–312. (In Russ.)
18. Cygankova YU.V., Arhangel'skaya E.A., Moruzi I.V., Pishchenko E.V., Belousov P.V., Kropachev D.V., *Problemy biologii, zootekhnii i biotekhnologii*, 2019, pp. 48–49. (In Russ.)

УДК 638.1:632.951.2
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-253-271

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ МЕДОНОСНЫХ ПЧЁЛ *APIS MELLIFERA* L. ПРИ РОСТЕ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В АГРОЦЕНОЗАХ

Л.А. Осинцева, доктор биологических наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: lao08@mail.ru

Ключевые слова: медоносные пчелы, *Apis mellifera* L., пестициды, безопасность.

Реферат. *В настоящее время общепризнано, что пестициды играют существенную роль в снижении численности насекомых, которое наблюдается по всему миру. Проведён анализ причин беспрецедентных потерь пчелиных семей Apis mellifera L. при использовании средств защиты растений в агроценозах. Обобщается текущее состояние знаний по оценке влияния пестицидов на нецелевые объекты: медоносных пчёл и другие виды пчелиных – опылителей растений. Описаны механизмы и особенности избирательного воздействия инсектицидов из группы неоникотиноидов, бутенолидов и на основе фипронила. Помимо прямого летального воздействия наблюдается снижение жизнеспособности и последующая гибель пчелиных семей в результате изменения когнитивных способностей рабочих пчёл, репродуктивного потенциала маток и трутней, изменения иммунного статуса пчелосемьи и этологических характеристик насекомых. Приведены примеры негативного влияния на популяции медоносных пчел различных регионов Российской Федерации при использовании пестицидов в агроценозах. Отмечена роль органического сельского хозяйства в сохранении медоносных пчёл и других опылителей, обеспечивающих получение сопоставимого с системой интегрированной защиты растений урожая энтомофильных культур. Изложены меры предотвращения сокращения популяций медоносных пчёл в результате пестицидных токсикозов: 1) соблюдение требований нормативно-правовых документов; 2) обеспечение пасек оптимальной кормовой базой; 3) исключение высокотоксичных инсектицидов из программ защиты энтомофильных культур; 4) реализация адаптивного потенциала медоносных пчёл в меняющихся экологических условиях окружающей среды; 5) переход к органическому земледелию при возделывании энтомофильных культур.*

THE STATE OF POPULATIONS OF HONEY BEES, *APIS MELLIFERA* L., WITH AN INCREASE IN THE PESTICIDE LOAD IN AGROCENOSES

L.A. Osintseva, Doctor of Biological Sciences, prof.
Novosibirsk State Agrarian University, *Novosibirsk, Russia*
E-mail: lao08@mail.ru

Keywords: honey bees, *Apis mellifera* L., pesticides, safety.

Abstract. *It is generally recognised that pesticides play a significant role in the decline in the number of insects observed worldwide. The analysis of the causes of unprecedented losses of Apis mellifera L. bee colonies has been carried out. When using plant protection products in agrocenoses. The current state of knowledge on assessing the impact of pesticides on non–target objects is summarised as honey bees and other types of bee pollinators of plants. The mechanisms and features of selective exposure of insecticides from the group of neonicotinoids, butenolides and based on fipronil are described. In addition to direct lethal effects, there is a decrease in the viability and subsequent death of bee colonies as a result of changes in the cognitive abilities of worker bees, the reproductive potential of queens and drones, changes in the immune status of bee colonies and the etiological characteristics of insects. Examples of the negative impact on honeybee populations of various regions of the Russian Federation when using pesticides in agrocenoses are given. The role of organic agriculture in the conservation of honey bees and other pollinators, providing a yield comparable to the integrated plant protection system of entomophilic crops, is noted. Measures to prevent the reduction of honey bee populations due to pesticide toxicosis are outlined: 1. Compliance with the requirements of regulatory documents; 2. Providing apiaries with an optimal feed base; 3. Exclusion of highly toxic insecticides from entomophilic crop protection programs; 4. Realisation of the adaptive potential of honey bees in changing environmental conditions; 5. Transition to organic farming in the cultivation of entomophilic crops.*

Биоразнообразие насекомых находится под угрозой его обеднения во всем мире. Обзор работ, свидетельствующих о сокращении численности различных видов насекомых, показывает резкие темпы ускорения этого процесса, которые могут привести к исчезновению 40% видов насекомых в мире в течение следующих нескольких десятилетий [1]. Основными причинами этого являются: потеря среды обитания и переход к интенсивному сельскому хозяйству и урбанизации; загрязнение, в основном синтетическими пестицидами и удобрениями; биологические факторы, включая патогенные микроорганизмы и интродуцированные виды; изменение климата [2]. Вызывает беспокойство тот факт, что наблюдается устойчивая тенденция к снижению на протяжении почти трех десятилетий численности насекомых-опылителей и, в частности, популяций медоносной пчелы *Apis mellifera* L. [3].

Медоносные пчелы, кроме обеспечения человечества уникальными по своим потребительским свойствам продуктами пчеловодства, играют решающую роль в экосистеме в качестве опылителей сельскохозяйственных культур, поскольку они повышают не только урожайность, но и качество многих культур, необходимых для производства продуктов питания. Явление, связанное с массовой повсеместной гибелью пчелиных семей, было названо «коллапсом медоносных пчёл», и причины, вызванные распространением протозойных (*Nosema apis, N. ceranae*), вирусных инфекций на фоне высокой поражённости семей клещами *(Varroa jacobsoni* Oudemans, 1904 и *V. destructor* Anderson & Trueman, 2000) изучались интенсивно и не без успеха [4, 5]. Беспрецедентные потери семей медоносных и параллельное сокращение популяций диких пчел по всему миру в последние годы стимулировали множество исследований потенциальных причин [6]. Хотя показано, что несколько факторов оказывают негативное влияние на популяции пчел, агрохимическое воздействие признано наиболее серьезной проблемой, особенно в агроценозах [7].

В течение последнего десятилетия на пасеках Российской Федерации в период активного медосборного сезона регистрируется гибель пчелиных семей, которую связывают с использованием средств защиты растений. По оценке Минсельхоза РФ, на конец июля 2019 г. в 25 регионах страны погибло 40 тыс. пчелосемей (от 1,3 до 1,5% от общего их количества в стране) [8]. В 2019 г. зарегистрирована массовая гибель пчел после того, как близлежащие поля обработали пестицидами в Башкирии [https://www.apiworld.ru/1562099339.html], в Красноярском крае [https://regnum-ru.turbopages.org/regnum.ru/s/news/3391490.html], в Омской [https://www.apiworld.ru/1561376636.html] и Новосибирской областях [https://spb.tsargrad.tv/news/zhutkoe-zrelishhe-v-novosibirskoj-oblasti-massovo-gibnut-pchjoly_262584], в Удмуртии, Марий Эл, Саратовской, Липецкой, Курской, Брянской и Ульяновской областях, в Алтайском крае [https://novayagazeta-ru.turbopages.org/novayagazeta.ru/s/articles/2021/05/26/chtob-smert-medom-ne-kazalas].

По официальным данным, в 2020 г. причиной массовых отравлений пчел (8,6 тыс. пчелосемей) также стало неправильное применение пестицидов на полях [https://rg.ru/2021/07/22/reg-sibfo/obrabotka-polej-stala-prichinoj-massovoj-gibeli-pchel-v-omskoj-oblasti.html]. В Башкирии погибло 11,5 тыс. пчелосемей, было выплачено около 17 млн руб. 61 пчеловодческому хозяйству [https://www.apiworld.ru/1645606571.html?utm_source=feedburner&utm_medium=email].

В 2021 г. об отравлении пчёл сообщали при обработке инсектицидами полей рапса в Кировской области [https://www.newsler.ru/incidents/2021/09/02/v-kirovskoj-oblasti-ot-otravleniya-pesticidami-pogibli-pchely], Удмуртии [https://www.interfax.ru/russia/778615]. В сезон 2022 г. ситуация с сокращением популяций медоносных пчёл из-за применения пестицидов в агроценозах не изменилась в Липецкой [https://rg.ru/2023/04/27/reg-sibfo/ugrozhaet-li-massovaia-gibel-pchel-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany.html], Новосибирской [https://iz.ru/1370898/2022-07-27/gibel-pchel-zafiksirovali-v-shesti-raionakh-novosibirskoi-oblasti] областях, Удмуртии [https://rg.ru/2023/04/27/reg-sibfo/ugrozhaet-li-massovaia-gibel-pchel-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany.html], на пасеках юга Западной Сибири [9, https://gorsite.ru/news/proisshestviia/pchyely_massovo_gibnut_v_novosibirskoy_oblasti/].

В последние годы сокращение количества пчелосемей на территории России оценивается в 5–30% ежегодно, эта величина возрастает в связи с увеличением посевных площадей рапса *Brassica napus* L., что обусловлено растущим спросом на эту культуру [10]. Между тем появляется все больше свидетельств того, что энтомофильные культуры при высоким уровне опыления насекомыми, особенно пчелами, могут давать более высокие урожаи. При количественной оценке индивидуального и комбинированного воздействия пестицидов, опыления насекомыми и качества почвы на рапс масличный было показано, что более высокие урожаи могут быть достигнуты либо за счет увеличения количества агрохимикатов, либо за счет увеличения численности пчел, но экономическая отдача была получена только за счет опыления, потому что пестициды несущественно повышали урожайность, в то время как затраты на обработку снижали валовую прибыль [11]. Оценка влияния ландшафта и методов ведения сельского хозяйства в течение 6-летнего исследования, а затем использование моделирования структурных уравнений для оценки прямых и косвенных связей между пчелами, вредителями и методами ведения сельского хозяйства позволили авторам утверждать, что увеличение разнообразия кормовых ресурсов и мест обитания в агроландшафтах может способствовать борьбе с вредителями со стороны естественных врагов, а также обеспечивать эффективное пчёлоопыление. Характеристики ландшафта, отличающегося видовым разнообразием энтомофильных растений, оказывают более сильное влияние на численность пчел и вредителей, чем агрохимические методы ведения сельского хозяйства [12]. Аналогичный результат был получен в исследованиях пестицидов при их использовании для защиты подсолнечника от вредителей и их влияния на опылителей и урожайность культуры [13].

Интегрированная защита растений, или (зарубежный аналог) комплексное управление вредителями и опылителями, рекламировалась в конце XX в. как новый подход к борьбе с вредителями при одновременном смягчении негативного воздействия инсектицидов на опылителей. В дополнение к нехимическим подходам, программы были сосредоточены на обработке инсектицидами с низкой токсичностью для пчел, применении препаратов на основе экономических порогов вредоносности и ограниченного времени, чтобы избежать внесения препаратов во время работы опылителей. Научные исследования и практический опыт демонстрируют способность программ интегрированной защиты растений бороться с вредителями, одновременно смягчая негативное воздействие на опылителей. В частности, применение инсектицидов по пороговым значениям вредителей приводит к наибольшему эффекту от опылителей [14].

Темпы повышения урожайности многих культур замедлились, и рост урожайности за последние 20 лет в развитых странах был скромным, при этом некоторые культуры, такие как рапс, не повысили продуктивность с введением эффективных в отношении вредителей неоникотиноидов. Например, в Великобритании урожайность рапса, когда обрабатывается около 100% посевов, была такой же, как и до 1994 г., когда неоникотиноиды были недоступны. Там, где в последние годы произошло увеличение урожайности, трудно отделить вклад пестицидов от последствий других изменений в технологии возделывания культуры.

Растет признание того, что снижение роли естественных механизмов регуляции в экосистеме имеет существенные экономические, а также экологические последствия. Поэтому основной проблемой в сельском хозяйстве является стабилизация урожайности при одновременном снижении зависимости от агрохимикатов. Современное сельское хозяйство может оказаться на переломном этапе, когда природные поддерживающие механизмы разрушаются, а искусственные ресурсы, такие как удобрения и пестициды, либо неэффективны, либо используются неэффективно.

При массовой гибели пчёл в различных регионах нашей страны в пробах погибших насекомых, обработанной растительности и почвы обнаруживается фипронил, поэтому проведены исследования токсичности для пчёл препаратов на основе этого вещества, по результатам которых они отнесены к высокоопасным для пчел пестицидам [15]. Фипронил – это коммерческий инсектицид, открытый и разработанный компанией Rhône-Poulenc между 1985 и 1987 гг. и

выпущенный на рынок в 1993 г. Он относится к относительно небольшому классу пестицидов: фенилпиразолам, или фипролам, которые являются химическими веществами, обладающими гербицидным действием. Однако фипронил характеризуется и как инсектицид контактного и желудочного действия, высокоэффективный против различных насекомых-вредителей.

Фипронил является первым фенилпиразоловым инсектицидом, введенным для борьбы с вредителями. Он эффективен против некоторых видов насекомых, которые стали устойчивыми к другим инсектицидам, и проявляет низкую токсичность для млекопитающих. Известно, что фипронил, фенилпиразол, действует на рецептор γ-аминомасляной кислоты, блокируя хлоридный канал. Он вызывает гипервозбуждение, конвульсии и паралич, которые приводят к гибели насекомых. Поскольку млекопитающие лишены этого типа хлоридных каналов, считается, что фипронил, блокирующий глутамат-активированный хлоридный канал, ответственен, по крайней мере частично, за более высокую селективную токсичность для насекомых по сравнению с млекопитающими и за отсутствие перекрестной резистентности. Он эффективен против определенных видов насекомых, которые стали устойчивыми к большинству инсектицидов, включая те, которые действуют на рецептор γ-аминомасляной кислоты.

Токсичность фипронила (5-амино-1 [2,6-дихлор-4 (трифторметил) фенил-4 (трифторметил) сульфинил]-1Н-пиразола-3-карбонитрата) в отношении медоносной пчелы (0,013 мкг на пчелу) менее выражена, чем для люцерновой пчелы-листореза *Megachile rotundata* F. (0,004 мкг на пчелу), что было показано как в местных тестах, так и с использованием остатков фипронила на листьях люцерны *Medicago sativa* L. Помимо хорошо документированной токсичности фипронила для насекомых-фитофагов, для медоносных пчел величина LD_{50} была установлена очень низкой (Tingle et al., 2003: 4 нг на пчелу; Decourtye, 2002: 6,2 нг на пчелу; Соловьёва, 2003: 5,6 нг на пчелу). Однако, например, на юге Франции отмечалось сокращение пчелиных семей, которое не могло быть объяснено высокой смертностью, но которое происходило после сезонов, когда пчелы собирали нектар с подсолнечника, семена которого обрабатывали фипронилом. В лабораторных исследованиях было показано, что фипронил в сублетальных дозах может влиять на вкусовое восприятие, обонятельное обучение и двигательную функцию у медоносной пчелы. Эти функции важны для пчел, поскольку они необходимы для поиска пищи, и их нарушение обусловливает изменение кормового поведения, что приводит, в свою очередь, к снижению жизнеспособности пчелиной семьи.

Рекомендуется следующий режим безопасного применения пестицидов на основе фипронила: нанесение предупредительной надписи на этикетку препаратов об их опасности для пчел; не обрабатывать засоренные поля (более трех сорняков на 1 $м^2$); соблюдение погранично-защитной зоны 5 км; проведение обработки путем наземного опрыскивания до лета пчел (рано утром или вечером после захода солнца) при скорости ветра не более 2 м/с; ограничение лёта пчел должно быть не менее 72 ч [15].

Исследователи и пчеловоды сходятся в том, что в настоящее время наибольшую опасность для пчел представляют системные инсектициды, относящиеся к группе неоникотиноидов, которые включают имидаклоприд, ацетамиприд, клотианидин, тиаметоксам, тиаклоприд, динотефуран и нитенпирам, и представляют собой важную группу нейротоксинов, специфически действующих как антагонисты никотиновых ацетилхолиновых рецепторов насекомых. Введение на рынок в начале 1990-х гг. имидаклоприда и тиаклоприда открыло неоникотиноидную эру в борьбе с насекомыми-вредителями. Действуя системно, этот класс нейротоксичных инсектицидов перемещается во всех частях растения через ксилемный и флоэмный транспорт, что приводит к транслокации в пыльцевых зёрнах и нектаре; обладает очень высокой токсичностью для насекомых и используется для обработки почвы и покрытия семян в дозах от 10 до 200 г/га, широко применяется для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур путем опрыскивания. Десятилетие назад неоникотиноиды были включены в списки разрешенных препаратов в более чем в 120 странах мира для защиты 1000 различных культур, в настоящее время их доля составляет не менее одной четверти мирового рынка инсектицидов.

Неоникотиноидным инсектицидам в последнее время уделяется значительное внимание как возможному важному стрессорному фактору для пчел [16]. Недавние исследования показывают, что трутни медоносных пчел, которые являются гаплоидными, как и большинство самцов перепончатокрылых, могут быть более восприимчивы к неоникотиноидам и другим стрессорам по сравнению с диплоидными рабочими пчёлами из-за гемизиготности в локусах иммунитета и детоксикации [17]. Изучение в полевых условиях неоникотиноидных инсектицидов (тиаметокс и клотианидин) на выживаемость, поведение и физиологию трутней показало, что их выживаемость снижается на 51%, увеличивается дрейф в нематеринские семьи на 100%, задерживаются полеты на 3 дня и уменьшается количество живых сперматозоидов на 28%. Однако препараты не влияли на концентрацию сперматозоидов, вырабатываемых трутнями, силу материнских семей трутней или общее количество трутней, произведенных этими семьями [18].

Рабочие пчелы, подвергшиеся воздействию неоникотиноидных инсектицидов, демонстрировали значительно сниженные способности к ориентации.

Европейская комиссия ограничила использование неоникотиноидов имидаклоприда, клотианидина и тиаметоксама в 2013 г. из-за опасности для пчел [19, 20]. С тех пор было проведено несколько комплексных полуполевых и полевых исследований для изучения воздействия неоникотиноидов на медоносных пчел и другие виды пчелиных при производственных уровнях воздействия в полевых условиях.

До сих пор почти нет информации о возможном воздействии пестицидов, поступивших тем или иным путём в дикорастущие энтомофильные виды, на все другие группы насекомых, не относящиеся к пчелиным, за исключением отдельного исследования, в котором описано обнаружение концентрации до 9 частей на миллион в одуванчиках, произрастающих около обработанных полей [21]. Дикорастущие энтомофильные виды, по-видимому, не проверялась на наличие неоникотиноидов, поэтому оценить их воздействие на нецелевых насекомых этим путем невозможно.

Вообще отравление неоникотиноидами трудно доказать. Смертельная доза имидаклоприда и клотианидина для медоносной пчелы оценивается в диапазоне от 4 до 5 нг на особь (в 10000 меньше, чем у пестицида ДДТ). Проблема заключается в том, что отравление из-за очень малых количеств активного ингредиента в степени 1 нг на 100 г массы тела (около 1000 пчел) трудно обнаружить инструментарием, которым располагают в настоящее время диагностические лаборатории. Например, величина $ЛД_{50}$ ацетомиприда для рабочих особей медоносных пчел при оральном введении оценивается 8,85 и 11,7 мкг в сутки на пчелу соответственно при остром и хроническом воздействии и 9,26 мкг в сутки на пчелу при контактном воздействии [22].

Результаты нескольких исследований показали, что воздействие неоникотиноидов ограничено незначительными эффектами [23, 24]. Например, сообщается, что при кратковременном воздействии влияние неоникотиноидов на кормовую активность пчел незначительно, особенно при применении для обработки семян.

Сообщалось о повышенной смертности у медоносных пчел, подвергшихся воздействию пестицидов и второго стрессора (клещи, вирусы, бактерии). Следовательно, неоникотиноидные пестициды являются фактором, который в сублетальных дозах негативно влияет на медоносных пчел, снижая их толерантность к патогенам и другим биологическим агентам [25, 26].

Большинство неоникотиноидов характеризуются высокой стойкостью в почве, воде и донных отложениях и накапливаются в почве после многократного использования. Исчезновение их из почвы и водоемов происходит в основном из-за фотолиза. Скорость фотолиза возрастает при высокой влажности почвы и высокой инсоляции. В странах, где данные мониторинга доступны, были зарегистрированы высокие уровни неоникотиноидного загрязнения в поверхностных водах. Неоникотиноиды не ионизируются при обычных pH, а также устойчивы к гидролизу, относительно стабильны при высоких дневных температурах, имеют период защитного действия 14–21 день. В то же время ацетамиприд, обладая сильными системными свойствами (большими, чем

у имидаклоприда), на поверхности растений малостоек и разрушается в течение 3–4 дней. В рекомендованных нормах расхода неоникотиноиды не фитотоксичны. Главным недостатком неоникотиноидов является их токсичность для пчел и многих других полезных насекомых.

Ограничения и запреты, наложенные на инсектициды неоникотиноидной группы в Европе, были узаконены на основе появившихся новых знаний об их негативном влиянии на популяции пчелиных.

Относительно новый химический класс инсектицидов – это бутенолиды. Бутенолидная последовательность присутствует у растительного алкалоида стемофолина, выделенного из растения *Stemona japonica*, произрастающего в основном в Юго-Восточной Азии, и инсектицидные свойства стемофолина давно известны. Первым и пока единственным действующим веществом бутенолидов является флупирадифурон, который был разработан компанией Bayer Crop Science в 2012 г. Сейчас данное действующее вещество зарегистрировано во многих странах мира. На территории Республики Беларусь исследования по эффективности и возможности включения комбинированного инсектицида Сиванто Энерджи (КЭ), который в своем составе имеет флупирадифурон, в Государственный реестр средств защиты растений проводились в 2016–2018 гг., в настоящее время препарат зарегистрирован для применения на озимом и яровом рапсе, на капусте белокочанной против крестоцветных блошек, капустной тли, капустной совки и капустной белянки и на озимой пшенице против пьявиц. Институт по контролю агрохимикатов при Министерстве сельского хозяйства Китая (ICAMA) рекомендовал для регистрации технический 96% флупирадифурон и инсектицид с содержанием данного активного ингредиента около 17% от компании Bayer Crop Science, оба являются менее токсичными для пчел. Флупирадифурон 17% SL зарегистрирован для контроля тепличной белокрылки *Bemisia tabaci* на томатах.

Из-за опасений, что препараты на основе флупирадифурона и ацетамиприда могут представлять опасность для людей и окружающей среды, французские власти в ноябре 2020 г. попросили запретить их продажу и ограничить их использование. В июне 2020 г. власти Нидерландов уведомили Комиссию ЕС о новой информации о флупирадифуроне в отношении диких видов пчел *Megachile rotundata*. В общей сложности было проведено 40 исследований, которые прошли первоначальный скрининг на основе заранее определенных критериев. После скрининга 16 исследований были сочтены относящимися к оценке опасности флупирадифурона для людей (1) или окружающей среды (15). После обращения в Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA) и дополнительного анализа научных публикаций было констатировано, что новая информация не изменяет характеристику опасности, приведенную ранее в EFSA [22]. Следовательно, никаких изменений не ожидается. С декабря 2015 г. флупирадифурон был включен в список зарегистрированных активных ингредиентов службы контроля пестицидов в ЕС, который будет действовать до 9 декабря 2025 г.

Специалисты Bayer Crop Science утверждают, что к настоящему времени не было ни одного аналога флупирадифурона, который мог бы обеспечить эффективный контроль вредителей с колюще-сосущим ротовым аппаратом, оставаясь при этом «низкотоксичным и экологически дружелюбным, что поддерживается низкой токсичностью для пчел». Присутствие подобных свойств, делает флупирадифурон весьма перспективным инсектицидом на мировом рынке. Однако выявляются негативные последствия в отношении нецелевых объектов, в частности медоносных пчёл, после применения этого инсектицида [27]. Во Франции пять неоникотиноидов (клотианидин, тиаметоксам, имидаклоприд, тиаклоприд и ацетамиприд) уже были запрещены для любого фитосанитарного применения в сентябре 2018 г., но затем Министерство по экологическому переходу вынесло на обсуждение проект указа о добавлении сульфоксафлора и флупирадифурона в этот список [https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/francija-zapretila-flupiradifuron-i-sulfoksaflor-iz-za-vreda-pchelam-i-shmeljam.html].

Опасность химических инсектицидов для пчел обусловлена механизмом их действия на те системы и функции организма, которые характерны для всех насекомых в силу общности их морфологии, анатомии и физиолого-биохимических процессов жизнедеятельности.

Непосредственный токсический эффект препаратов определяется их химической структурой и реакционной способностью по отношению к мишени действия данного вида насекомых, поэтому пристальное внимание уделяется изучению молекулярных механизмов чувствительности нецелевых объектов[28–30].

Медоносные пчёлы *Apis mellifera* L. исторически служили модельным организмом для экотоксикологических исследований, особенно для пестицидов. В основном это связано с их высокой экономической ценностью, поскольку их биология хорошо известна и их можно легко содержать [31]. Лабораторные исследования имеют много преимуществ, которые позволяют сравнивать данные, например, контролируемые условия окружающей среды и способы воздействия, экстраполировать эти данные на реальные сценарии, позволяющие понять механизмы, ответственные за сокращение численности многих видов пчел, а также увеличение смертности пчелиных семей на пасеках. И наоборот, на результаты полевых исследований влияет множество факторов окружающей среды, которые могут привести к трудностям в стандартизации экспериментов и интерпретации результатов. Механическое перенесение результатов лабораторных исследований на полевые условия, как это часто встречается при рассмотрении причин гибели пчелиных семей после обработок пестицидами агроценозов, путём апелляции к летальным концентрациям препарата в погибших насекомых, как минимум некорректно. Однако этот критерий часто рассматривается в качестве основополагающего при вынесении суждения (в том числе и судебного) о причине гибели пчёл.

Степень токсичности инсектицидов зависит от особенностей их химической структуры. Например, было показано, что токсическая активность для пчел фосфорорганических препаратов определяется составом и строением отщепляемой части молекулы соединений [32].

Препаративная форма существенно влияет на поступление токсикантов в организм пчел и контаминирование насекомых и их гнезда. Наиболее опасны для пчел дусты, менее опасны смачивающиеся порошки и более безопасны концентраты эмульсий. Но это не означает, что препаративные формы всегда аналогично характеризуются по их токсической активности в отношении пчел в лабораторных условиях и для всех типов пестицидов. Дельтаметрин (2,5%) в коммерческом препарате Децис к.э. является среднеопасным, а в форме Децис ФЛО – высокоопасным для пчел. Это все свидетельствует о роли препаративной формы в экотоксикологической характеристике инсектицида. Концентраты суспензий обеспечивают, как правило, низкий уровень контаминирования токсикантом насекомых-опылителей, поскольку эта препаративная форма повышает удерживаемость пестицида на растениях, трудно смывается водой и не переносится пчелами в гнездо.

Способы проникновения токсикантов в организм пчелы при внесении пестицидов в биоценоз различны и зависят от физико-химических свойств препаратов, фенологического состояния растений, метеорологических условий. Наиболее вероятно поступление через покровы насекомых при контакте пчел с обработанной растительностью при сборе нектара, пыльцы, пади и капелек воды или при нахождении пчел в агроценозе в момент обработки. Многие инсектициды являются липофильными соединениями, поэтому легко проникают через покровы.

Другим распространенным путем является проникновение химических соединений в организм пчел при их питании на растениях, обработанных в фазу цветения или обработанных системными препаратами. В последнем случае наблюдается интоксикация через кишечник продуктами метаболизма пестицидов в растениях.

Существует вероятность интоксикации пчел через органы дыхания при нахождении в зонах, где ранее применялись пестициды с фумигантной токсичностью. Степень опасности пестицидов в этом случае во многом определяется погодными условиями. Так, повышение температуры до 26–30°С и низкая скорость ветра способствуют накоплению паров токсиканта в воздухе и усилению фумигантного действия.

Первые два способа проникновения пестицидов в организм пчел характерны для подавляющего большинства препаратов и интенсивно изучаются при их экотоксикологической характеристике. В лабораторных условиях устанавливается оральная (кишечная) и контактная

токсичность пестицидов для пчел, что является обязательной процедурой при их создании и регистрации [33].

Интоксикация медоносных пчел кормовыми субстратами (нектар, пыльца), содержащими продукты метаболизма пестицидов системного действия, а также фумигантная токсичность ядохимикатов изучаются менее широко и до настоящего времени являются предметом специальных исследований. Известно, что системные пестициды более токсичны при попадании в организм по сравнению с поверхностным контактом, а семьи медоносных пчёл подвергаются более высокой интоксикации, если они потребляют загрязненную пыльцу и нектар. Такое воздействие вызывает целый ряд эффектов, таких как избыточное количество маток, снижение запасов питательных веществ, подавление иммунной системы, ухудшение зрительного восприятия, способности пчел к обучению и памяти.

Признаются экологические риски, связанные с обработкой семян системными инсектицидами группы неоникотиноидов, поскольку в нектаре и пыльце урожая впоследствии обнаруживаются низкие концентрации, которые затем собираются и потребляются пчелами. В последние годы активно обсуждаются вопросы о том, что основное внимание уделяется воздействию пестицидов через обработанную культуру, упуская из виду важный фактор: в течение весны и лета остаточные количества препаратов и их производные также обнаруживаются в пыльце и нектаре полевых цветов энтомофильных растений в концентрациях, которые иногда даже выше, чем те, которые содержатся в обработанной культуре. Действительно, источником подавляющего большинства (97%) неоникотиноидов, попавших с пыльцой в ульи медоносных пчел в агроландшафтах, являлись полевые цветы, а не сельскохозяйственные культуры. Чаще полевые исследования базируются на предпосылке, что воздействие инсектицидов будет происходить только в период цветения обработанных культур и что оно может быть нивелировано пчелами, которые также питаются нектаром и пыльцой необработанных полевых цветов. Однако было доказано, что воздействие, вероятно, будет выше и более продолжительным, чем признается в настоящее время, из-за широко распространенного загрязнения дикоросов, растущих вблизи обработанных культур.

Снос пестицидов в момент внесения за пределы обрабатываемого участка при попадании их на энтомофильную флору является также одной из распространенных причин интоксикации пчел. Способы внесения токсикантов в биоценоз при использовании высокотоксичных для пчел препаратов оказывают решающее влияние на степень их опасности. При нанесении инсектицидов на растения методами наземного и авиационного опрыскивания большая часть действующего вещества не попадает на целевые объекты, загрязняя биотопы. Наиболее опасной для пчел в этом смысле является авиаобработка. Сокращение количества токсиканта, поступающего в биоценозы, обеспечивается использованием технологий малообъемного и ультрамалообъемного опрыскивания. Наибольшего успеха в предотвращении негативного воздействия инсектицидов на пчел в биоценозах достигли разработчики аэрозольной технологии оптимальной дисперсности. Ее сущность заключается в избирательном осаждении аэрозольных инсектицидных частиц оптимального размера (от1 до 50 мкм) на насекомых, находящихся на растениях. Вредное воздействие инсектицидных аэрозолей снижается также временем их проведения – в поздние вечерние и ранние утренние часы, когда отсутствует лет пчел. Таким образом, технология применения пестицидов оказывает влияние на способ интоксикации пчел и на проявление их токсических свойств.

При совместном применении некоторых препаратов наблюдается синергический эффект, который проявляется в усилении воздействия смеси препаратов на организм пчел по сравнению с их раздельным влиянием [34–36]. Фунгициды сами по себе относительно безвредны для насекомых, но они могут взаимодействовать с высокотоксичными инсектицидами. Гербициды более токсичны, чем фунгициды, и могут проявлять аналогичный интерактивный потенциал [37]. На навигацию медоносных пчел влияют следы наиболее широко используемого во всем мире гербицида глифосата, что приводит к долгосрочным негативным последствиям для кормового поведения семей [38].

Следует учитывать возможность изменения класса экологической опасности того или иного препарата при включении его в конкретную схему защитных мероприятий на энтомофильных культурах

Тесные пищевые контакты в самой пчелиной семье определяют опасность интоксикации всех ее членов в случае контакта пчел-сборщиц с токсикантами в биоценозе [39]. Маточное молочко из колоний, подвергшихся воздействию обработанной инсектицидами пыльцы, содержит незначительные остатки пестицидов, что свидетельствует о косвенных социальных последствиях воздействия пестицидов на пчелиные семьи [40].

Голодающие семьи гораздо быстрее и в большей степени подвергаются интоксикации, чем семьи, обеспеченные кормами. Наиболее чувствительны к отравлениям пчелы, содержащиеся на углеводном корме, лишенные белка. Семьи, ослабленные болезнями, проявляют низкую устойчивость к отравлениям. Биохимические изменения в органах и тканях медоносных пчел, подвергшихся терапии, обусловливают возможность изменений в восприимчивости их к воздействию пестицидов. Биологически активные вещества, положительно влияющие на обмен веществ насекомых и на развитие пчелиных семей, повышают их резистентность к ядам.

Факторы, влияющие на скорость деградации пестицидов (УФ-радиация, влажность воздуха, осадки) на поверхности растений, определяют их остаточную токсичность для медоносных пчел.

Многообразие и взаимосвязанность факторов, определяющих результат взаимодействия пестицида с медоносными пчелами, являются причиной того, что не каждое соединение, высокотоксичное в лабораторных условиях, приводит к интоксикации пчел в природе, и даже слаботоксичные препараты, попадающие в биоценоз, могут вызывать существенные нарушения жизнедеятельности пчелиных семей. Итоги 15-летних исследований опасности неоникотиноидов для пчел, включая медоносных пчел, шмелей и одиночных пчел, показали, что, хотя было обнаружено, что остаточные уровни неоникотиноидов в окружающей среде ниже уровней острой и/или хронической токсичности, по-прежнему не хватает необходимых данных, поскольку большинство анализов проводились на уровнях предела обнаружения и только для некоторых культур. Во многих лабораторных исследованиях описывались летальные и сублетальные эффекты неоникотиноидов на пищевое поведение, а также способности к обучению и памяти пчел, в то время как в полевых исследованиях при реальных дозировках никаких эффектов не наблюдалось [41].

Воздействие неоникотиноидных инсектицидов (клотианидина) на личинок приводит к негативным эффектам, которые проявляются в гигиеническом и кормовом поведении взрослых пчел, что может поставить под угрозу жизнеспособность семей за счет нарушения механизмов контроля патогенов и сокращения сбора пыльцы [42]. Отмечено снижение выживаемости пчел, потребления нектара, успешности полета, терморегуляции, аномальное кормовое поведение, вызванное сублетальной дозировкой неоникотиноида.

Основой безопасности инсектицидов для медоносных пчел и других полезных насекомых является их селективность, обусловленная механизмом действия на членистоногих, и специфичность регламентов применения препаратов, базирующихся на знании биологии растений, насекомых-фитофагов и медоносных пчел.

Во многих публикациях указывается на необходимость обеспечения гармоничного сочетания интересов производителей растениеводческой продукции и пчеловодов на основе законодательного регулирования организационных, агрономических и пчеловодных мероприятий по предупреждению отравления пчелиных семей пестицидами с учётом негативного воздействия инсектицидных обработок на полезную энтомофауну [10–13].

Положительные решения о возмещении причиненных гибелью пчел убытков основываются иногда не на факте установления остаточных количеств пестицидов в погибших насекомых, которые часто объективно трудно обнаружить, а на нарушении требований нормативно-правовых актов, регулирующих безопасность применения пестицидов, а именно на отсутствии надлежащего уведомления населения о предстоящем применении ядохимикатов и на несоблюдении закона № 7-ФЗ «Об охране

окружающей среды», Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [https://sudact.ru/regular/doc/JLQLQnrMegNQ/, https://beejournal.ru/yuridicheskaya-konsultatsiya/1270-voprosy-po-zakonodatelstvu-4].

Подробные инструкции по предотвращению отравления пчёл и обязательных мероприятиях, которые обеспечивают возможность возмещения причинённого ущерба при отравлениях, приводятся на сайтах филиалов ФГБУ «Россельхозцентр», региональных, муниципальных администраций и региональных обществ пчеловодов в соответствии с «Инструкцией о мероприятиях по предупреждению и ликвидации болезней, отравлений и основных вредителей пчел», утвержденной Минсельхозом России от 17.08.1998 № 13-4-2/1362, статьёй 16 «Предотвращение отравления пчел пестицидами и агрохимикатами» ФЗ от 30.12.2020 № 490 «О пчеловодстве в Российской Федерации», правилами применения опасных для пчел пестицидов и агрохимикатов в соответствии с ФЗ от 19.07.1997 № 109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» и «Профилактика и диагностика отравления пчел пестицидами» (утв. Минсельхозом СССР 01.01.1985).

Основной причиной несоблюдения требований действующих в РФ нормативно-правовых документов, по мнению экспертов, стало отсутствие регулирования применения пестицидов, поскольку полномочия по надзору за пестицидами (контролю за производством, хранением, реализацией и применением пестицидов и агрохимикатов) с 2011 г. были сняты с Россельхознадзора. Роспотребнадзор отслеживал наличие остаточных количеств пестицидов и агрохимикатов в сельскохозяйственной продукции, но не контролировал их производство, хранение, реализацию и применение. В конце декабря 2019 г. Минсельхоз согласовал законопроект о наделении Россельхознадзора правом контроля в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами. С другой стороны, сказывается отсутствие в России регулярного мониторинга гибели пчел, который проводится во многих странах с развитым пчеловодством инспекциями по пчеловодству, научно-исследовательскими центрами, ведущими пчеловодными журналами, национальными ассоциациями пчеловодов. Инспекция по пчеловодству, действовавшая при Минсельхозе РФ, была ликвидирована в 2005 г.

С июня 2021 г. на Россельхознадзор возложены обязанности, которые были исключены с 2011 г., по контролю за пестицидами. В настоящее время действуют Федеральный закон от 19.07.1997 № 109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами», Федеральный закон от 30.12. 2020 № 522-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами” в части совершенствования государственного контроля (надзора) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами» [https://rg.ru/2021/01/12/agrohimikaty-dok.html]. В последнем указано, что «оценка соблюдения гражданами и юридическими лицами санитарно-эпидемиологических требований, а также требований охраны окружающей среды при производстве, реализации, хранении, применении, транспортировке, обезвреживании, утилизации, уничтожении и захоронении пестицидов и агрохимикатов осуществляется в рамках федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора и федерального государственного экологического надзора». Устанавливается также создание федеральной государственной информационной системы прослеживаемости пестицидов и агрохимикатов в целях обеспечения учета партий пестицидов и агрохимикатов при их обращении (производстве (изготовлении), хранении, перевозке (транспортировке), применении, реализации, обезвреживании, утилизации, уничтожении и захоронении), а также осуществления анализа, обработки представленных в нее сведений и информации для контроля за их достоверностью. Информация, содержащаяся в федеральной государственной информационной системе прослеживаемости пестицидов и агрохимикатов, является официальной и государственным информационным ресурсом.

Минсельхоз России ведет каталог на официальном сайте Минсельхоза России в информационно-телекоммуникационной сети Интернет (http://www.mcx.ru), который является официальным документом, содержит перечень

пестицидов (часть 1) и агрохимикатов (часть 2), разрешенных к обороту на территории Российской Федерации, в том числе для применения гражданами и юридическими лицами в сельском, лесном, коммунальном и личном подсобном хозяйствах, а также основные регламенты применения пестицидов, установленные в ходе их регистрационных испытаний.

Отравление пчел химическими препаратами во многих регионах происходило при явном нарушении действующего законодательства, в том числе норм применения препаратов высокого класса опасности для обработки сельскохозяйственных культур в непосредственной близости от деревень и поселков.

Официальные меры защиты медоносных пчел сводятся к своевременному уведомлению пчеловодов о предстоящем использовании пестицидов. Пунктом 3.1.1. «Инструкции по профилактике отравления пчел пестицидами» предусмотрено обязательное заблаговременное, не менее чем за трое суток, оповещение населения, в том числе владельцев пасек, расположенных в радиусе не менее 7 км от места применения пестицидов. В оповещении рекомендуется указывать класс опасности вещества. Федеральный закон от 30.12.2020 № 490-ФЗ «О пчеловодстве в Российской Федерации» регламентирует: «Не позднее чем за три дня до проведения работ по применению пестицидов и агрохимикатов лица, ответственные за проведение таких работ, обеспечивают доведение до населения населенных пунктов, расположенных на расстоянии до 7 километров от границ запланированных к обработке пестицидами и агрохимикатами земельных участков, через средства массовой информации (радио, печатные органы, электронные и другие средства связи и коммуникации) информации о таких работах [https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056366/]. Проблема заключается в том, что ни в каких нормативных документах не регламентируется начальный срок оповещения, а указывается только крайний срок до проведения обработок. В связи с этим оповещение об обработках пестицидами в начале вегетационного сезона часто трактуется как соответствие установленным правилам, поскольку осуществляется «не позднее чем за три дня до проведения работ по применению пестицидов и агрохимикатов».

Другая причина потери пчелиных семей заключается в несвоевременных или неверных действиях пчеловодов, которые обусловлены недостаточной их информированностью. Например, известно, что вывоз пчелиных семей из зоны применения инсектицида является более предпочтительным не только по биологическим, но и по экономическим причинам по сравнению с изоляцией в гнездах на месте [43]. Период изоляции в случае обработок инсектицидами, которые не вызывают контактную интоксикацию (препараты на основе фозалона, тиаклоприда, ацетамиприда), определяется периодом жизни цветков обработанных растений. Сохранение опасности для пчел обработанной пестицидами растительности зависит от продолжительности жизни отдельных цветков и продолжительности выделения ими нектара, привлекающего пчел. Продолжительность жизни отдельных цветков у большинства энтомофильных растений составляет 1–3 дня, и на 3–4-й день они обычно не выделяют достаточного количества нектара. В соцветиях увядание отдельных цветков не уменьшает их привлекательности для пчел. Поэтому сложноцветные сельскохозяйственные (подсолнечник, цикорий, сафлор) и сорные (одуванчик, осот, бодяк, татарник) растения могут представлять опасность для пчел при обработке стойкими препаратами в течение всего периода цветения. Запрещение химических обработок энтомофильных сельскохозяйственных культур в фазу цветения не может полностью исключить возможность контакта пчел с пестицидами. Если использовались препараты с высокой контактной токсичностью (препараты на основе диазинона, диметоата, фипронила, имидаклоприда и их комбинированные формы с пиретроидами), необходима кочёвка пасеки за пределы погранично-защитной зоны.

Отсутствие официальной регистрации пчеловодного хозяйства и ветеринарно-санитарного паспорта пасеки также затрудняют осуществление организационных мероприятий по профилактике отравления пчёл пестицидами и ядохимикатами. На примере Новосибирской области проследим тенденции изменения количества пчеловодов, регистрирующих свои пасеки (таблица).

Таблица

Количество зарегистрированных пасек и пчелосемей в районах Новосибирской области в 2020 и 2023 гг. [https://mcx.nso.ru/page/1050]

Number of registered apiaries and bee colonies in the districts of the Novosibirsk region in 2020 and 2023. [https://mcx.nso.ru/page/1050]

Район	Число пчелосемей, шт./пчеловодов, чел.		Район	Число пчелосемей, шт./пчеловодов, чел.	
	2020 г.	2023 г.		2020 г.	2023 г.
Краснозерский	601/54	742/60	Барабинский	166/15	276/29
Карасукский	423/37	441/33	Здвинский	125/20	545/25
Баганский	403/42	449/55	Каргатский	278/25	397/38
Купинский	687/68	627/60	Чулымский	650/48	669/49
Чистоозерный	161/16	112/12	Колыванский	1446/89	1485/82
Кочковский	741/55	946/59	Коченевский	656/53	1077/69
Доволенский	371/23	471/25	Новосибирский	222/12	240/18
Татарский	189/87	698/50	Искитимский	1951/89	228/16
Чановский	114/12	65/2	Ордынский	611/80	1097/52
Венгеровский	818/41	545/51	Черепановский	2918/125	3755/145
Северный	179/28	214/28	Маслянинский	1722/94	1777/94
Куйбышевский	170/8	83/9	Тогучинский	3148/201	3354/220
Мошковский	453/20	883/36	Болотнинский	3221/110	2690/110
Кыштовский	Нет данных	855/86	Усть-Таркский	Нет данных	142/30
Итого по Новосибирской области					
Пчелосемей				25062	26415
Пчеловодов				1570	1597

Увеличение в 2023 г. по сравнению с 2020 г. зарегистрированных пчелохозяйств с 1570 до 1597 и, соответственно, пчелиных семей с 25062 до 26415 свидетельствует об осознании этой проблемы пчеловодами Новосибирской области. Однако из числа зарегистрировавшихся в 2023 г. только у 23% пчеловодов был оформлен ветеринарно-санитарный паспорт.

Кроме указанных организационно-хозяйственных мероприятий, перечисленные выше факторы и их сочетания, определяющие безопасность пестицидов для медоносных пчел, следует учитывать при использовании средств защиты растений, особенно на энтомофильных культурах [44]. Следует учитывать, что токсическое действие пестицидов на медоносных пчел определяется:

– физико-химическими свойствами препарата;

– способом проникновения пестицида в организм пчел;

– временем контакта насекомых с пестицидом и его периодичностью;

– проявлением синергизма при совместном применении препаратов для защиты растений;

– породой и физиологическим состоянием пчел [45];

– абиотическими факторами (погодные условия, ландшафт местности).

Использование высокоселективных препаратов является самым эффективным способом предотвращения интоксикации медоносных пчел. Наиболее выраженной селективностью по сравнению с химическими характеризуются биологические инсектициды, поэтому они, как правило, нетоксичны для пчел и других насекомых-опылителей. Но и в пределах данной группы имеются различия, основанные на биологических особенностях энтомопато-

генных микроорганизмов-продуцентов, а также определяемые токсическими свойствами наполнителей. Тем не менее в большинстве своем биологические препараты, в том числе и инсектицидного действия, не представляют какой-либо опасности для медоносных пчел.

Современное пчеловодство сталкивается с проблемой повышения экологической опасности окружающей природной среды, прежде всего, в связи с увеличением концентрации ксенобиотиков в агроценозах. Тенденция к наращиванию использования пестицидов и агрохимикатов, несмотря на успехи в области органического растениеводства, продолжается, а эффективность инсектицидных препаратов, следовательно, их опасность для нецелевых видов насекомых, объективно возрастает. В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации по состоянию на 27 января 2022 г. химические соединения и их комбинации с инсектицидной активностью (всего 80 соединений) и относящиеся к 1-му классу опасности составляют 65, ко 2-му – 6 и к 3-му – 28%. Преимущественное использование инсектицидов 2-го и 3-го классов опасности на энтомофильных культурах является очевидным и необходимым путём решения проблемы пестицидной интоксикации пчёл.

С другой стороны, современное пчеловодство не может избежать постоянного использования акарицидов для подавления популяций пчелиного клеща (*Varroa jacobsoni* Oudemans, 1904 и *Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000), что является постоянным химическим стрессом для пчелиных семей. Уровень адаптации медоносных пчёл к складывающимся экологическим условиям во многом определяется технологией пчеловождения, которая должна быть направлена на поддержание и увеличение количества пчелиных семей, которые являются не только источником уникальных продуктов пчеловодства, но и существенным фактором поддержания функционирования фитоценозов на нашей планете.

Актуальным решением для предотвращения гибели пчёл от пестицидов, в том числе и для исключения пролонгированных эффектов их негативного влияния на жизнедеятельность пчелиных семей, является кочёвка пасек и их стационарное размещение на территориях, где ведётся органическое сельскохозяйственное производство [46].

Отказ от синтетических пестицидов в органическом земледелии имеет множество преимуществ [47]. Органическое земледелие повышает производительность и сохранность медоносных пчел в период дефицита ресурсов, вероятно, за счет непрерывного снабжения цветочными ресурсами, включая сорняки, покровные культуры и естественные энтомофильные растения. Были представлены доказательства того, что органическое земледелие повышает медопродуктивность пчелосемей, может смягчить неблагоприятное воздействие интенсивного сельского хозяйства на жизнеспособность медоносных пчел, повысить опыляемость не только полевых культур, но и в более широком ландшафте. В целом положительные эффекты (ресурсы диких цветов, запрет на пестициды) превалируют над отрицательными (например, снижение урожайности семян рапса) [48]. Это еще предстоит экспериментально подтвердить, но описанные эффекты предполагают, что органическое земледелие может принести пользу как сохранению биоразнообразия, так и сельскохозяйственному производству.

Важным аспектом является оптимизация кормовой базы пасек за счёт посева припасечных культур [49].

Для повышения устойчивости пчёл к токсическому влиянию пестицидов и агрохимикатов в современном пчеловодстве необходимо использовать препараты на основе пре- и пробиотиков, поскольку состояние микробиоты желудочно-кишечного тракта пчёл, в частности молочнокислые бактерии, оказывает влияние на устойчивость насекомых к химическим токсикозам [50].

Поскольку в большинстве технологий защиты растений, а следовательно, и в агроценозах, распространено применение нескольких химических веществ (инсектицидов, фунгицидов, гербицидов, дефолиантов и др.), вероятно, необходимо, чтобы информация о вредных интерактивных эффектах совместного применения в отношении нецелевых объектов (в том числе медоносных пчёл) была доступна на этикетках пестицидов.

Таким образом, в связи с установленным негативным влиянием пестицидов на нецелевые виды насекомых-опылителей и в целях предотвращения сокращения популяций медоносных пчёл в результате пестицидных токсикозов необходимо:

1. Соблюдение требований нормативно-правовых документов, касающихся применения пестицидов.

2. Обеспечение пасек оптимальной кормовой базой как за счёт посева припасечных культур, так и за счёт кочёвки пасек.

3. Исключение высокотоксичных (1-го и 2-го класса опасности) инсектицидов из программ защиты энтомофильных культур.

4. Реализация адаптивного потенциала медоносных пчёл в меняющихся экологических условиях окружающей среды.

5. Переход к органическому земледелию при возделывании энтомофильных культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Threat* Ahead? An Experts' Opinion on the Need for Red Lists of Bees to Mitigate Accelerating Extinction Risks – The Case of Austria / S. Kratschmer, H. Zettel, E. Ockermüller [et al.] // Bee World. – 2021. – Vol. 98, N 3. – P. 74–77. – DOI: 10.1080/0005772X.2021.1940734.
2. *Sanchez-Bayo F., Wyckhuys K. A.G., Sanchez-Bayo F.* Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers // Biological Conservation. – 2019. – Vol. 232. – P. 8–27. – https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020.
3. *Safeguarding* pollinators and their values to human well-being / S. Potts, V. Imperatriz-Fonseca, H. Ngo [et al]. // Nature. – 2016. – Vol. 540. – P. 220–229. – https://doi.org/10.1038/nature20588.
4. *Lu C., Warchol K.M., Callahan R.A.* In situ replication of honey bee colony collapse disorder // Bull Insectol. – 2012. – Vol. 65. – P. 99–106.
5. *A national* survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA / K. Kulhanek, N. Steinhauer, K. Rennich [et al.] // Journal of Apicultural Research. – 2017. – Vol. 56. – P. 328–340. – https://doi.org/10.1080/002188.
6. *Honey* bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement / A. Gray, N. Adjlane, A. Arab [et al.] // Journal of Apicultural Research. – 2023. – Vol. 62, N 2. – P. 204–210. – DOI: 10.1080/00218839.2022.2113329.
7. *A review* of the effects of agricultural intensification and the use of pesticides on honey bees and their products and possible palliatives / D.C. Blettler, J. A. Biurrun-Manresa, G. A. Fagúndez // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2022. – Vol. 20, N 4. – P. 40–51.
8. *Пономарев А.* Отравление пчел пестицидами в России. Уроки 2019 года. [Электронный ресурс]. – URL: https://naturalbeekeeping.ru/articles/otravlenie-pchel-pestitsidami-v-rossii-uroki-2019-goda/ (дата обращения: 20.03.2023).
9. *Любимов А.* Угрожает ли массовая гибель пчел продовольственной безопасности страны // Российская газета – Экономика Сибири. – 2023. – № 92. [Электронный ресурс]. – URL: https://rg.ru/2023/04/27/reg-sibfo/ugrozhaet-li-massovaia-gibel-pchel-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany.html (дата обращения: 12.08.2023).
10. *Наумкин В.П., Велкова Н.И.* Антропогенное воздействие на медоносные растения и пчёл // Пчеловодство. – 2023. – № 3. – С. 4–6.
11. *Bee* pollination outperforms pesticides for oilseed crop production and profitability / C. Rui, B. Vincent, P. Thomas[et al.] // Proc. R. Soc. B. – 2019. – Vol. 286. – P. 1550–1550. – http://doi.org/10.1098/rspb.2019.1550.
12. *Perrot T., Bretagnolle V., Gaba S.* Environmentally friendly landscape management improves oilseed rape yields by increasing pollinators and reducing pests // Journal of Applied Ecology. – 2022. – Vol. 59. – P. 1825–1836. – https://doi.org/10.1111/1365-2664.14190.
13. *Neonicotinoid* pesticide applications affect pollinator abundance and visitation, leading to implications for sunflower production (*Helianthus annuus* L.) / M. S. Saleem, M. F. Akbar, M. A. Javed, A. Sultan // Cogent Food & Agriculture. – 2023. – Vol. 9, N 1. – P. – DOI: 10.1080/23311932.2023.2258773.

14. *Leach A., Pecenka J., Kaplan I.* Does IPPM bear fruit? Evaluating reduced-risk insecticide programmes on pests, pollinators and marketable yield // Journal of Applied Ecology. – 2022. – Vol. 59. – P. 2993–3002. – https://doi.org/10.1111/1365-2664.14294.
15. *Соловьева Л.Ф.* Исследование опасности пестицидов для пчел // Пчеловодство. – 2003. – № 2. [Электронный ресурс] – URL: https://beejournal.ru/borba-s-boleznyami-i-vreditelyami/2893-issledovanie-opasnosti-pestitsidov-dlya-pchel.
16. *Quantifying* the impact of pesticides on learning and memory in bees / H. Siviter, J. Koricheva, M.J.F. Brown [et al.] // J. Appl. Ecol. – 2018. – Vol. 55. – P. 2812–2821. – https://doi.org/10.1111/1365-2664.13193.
17. *The weakest* link: Haploid honey bees are more susceptible to neonicotinoid insecticides / A. Friedli, G. R.Williams, S. Bruckner [et al.] // Chemosphere. – 2020. –Vol. 42. – https://doi.org/10.1016/j.chemosp.
18. *Negative* effects of neonicotinoids on male honeybee survival, behaviour and physiology in the field / L. Straub, L. Villamar-Bouza, S .Bruckner [et al.] // Journal of Applied Ecology. – 2021. – Vol. 58. – P. 2515–2528. – https://doi.org/10.1111/1365-2664.14000.
19. *Demortain D.* The science behind the ban: the outstanding impact of ecotoxicological research on the regulation of neonicotinoids // Current Opinion in Insect Science. – 2021, Vol. 42. – P. 2-17. – https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.017.
20. *Uh P., Brühl C.A.* The Impact of Pesticides on Flower-Visiting Insects: A Review with Regard to European Risk Assessment // Environ Toxicol Chem. – 2019. – Vol. 38. – P. 2355–2370. – https://doi.org/10.1002/etc.4572.
21. *Multiple* routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields / C.H. Krupke, G.J. Hunt, B.D. Eitzer [et al.] // PLoS One. – 2012. – Vol. 7. – e29268.
22. *EFSA* Review of the evidence on bee background mortality/ EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR) / A.H. Jerez, P. Adriaanse, Ph. Berny [et al.] // EFSA Journal. – 2022. – Vol. 20, N. 1.
23. *Seed* treatment with neonicotinoid insecticides does not affect the foraging behavior of honey bees / K. Chandrakumara, K. Muralimohan [et al.] // Apidologie. – 2023. – Vol. 54 (29). – https://doi.org/10.1007/s13592-023-01007-x.
24. *Wood T.J., Goulson D.* The environmental risks of neonicotinoid pesticides: A review of the evidence post 2013 // Environ Sci Pollut Res. – 2017. – Vol. 24. – P. 17285–17325.
25. *Rortais A., Arnold G., Dorne J.-L.* Risk assessment of pesticides and other stressors in bees: Principles, data gaps and perspectives from the European food safety authority // Science of the Total Environment. – 2017. – Vol. 587. – P. 524–537.
26. *O'Neal S., Anderson T.D., Wu-Smart J.Y.* Interactions between pesticides and pathogen susceptibility in honey bees // Current Opinion in Insect Science. – 2018. – Vol. 26. – P. 57–62. – https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.006.
27. *Long-term* field-realistic exposure to a next-generation pesticide, flupyradifurone, impairs honey bee behaviour and survival / S. Tosi, J. C. Nieh, A.Brandt [et al.] // Communications Biology. – 2021. – Vol. 4, No. 1. – P. 805. – https://doi.org/10.1038/s42003-021-02336-2.
28. *Unravelling* the molecular determinants of bee sensitivity to neonicotinoid insecticides / C. Manjon, B.J. Troczka, M. Zaworra [et al.] // Current Biology. – 2018. – N 28. – P. 1137–1143. – https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.02.045.
29. *Field* rates of Sivanto (flupyradifurone) and Transform(R) (sulfoxaflor) increase oxidative stress and induce apoptosis in honey bees (*Apis mellifera* L.) / P. Chakrabarti, E.A. Carlson, H.M. Lucas [et al.] // PLoS One. – 2020. – Vol.15. – https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233033.
30. *Exposure* to thiamethoxam during the larval phase affects synapsin levels in the brain of the honey bee / D.A. Tavares, T.C. Roat, E.C.M. Silva-Zacarin [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019. – Vol. 169. – P. 523–528. – https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.
31. *Apitox* - The COLOSS Task Force to Investigate the Impact of Pesticides on Bees / N.S. Delso, P. Mędrzycki, F. Sgolastra [et al.] // Bee World. – 2022. – Vol. 99, N 1. –P. 32–34. – DOI: 10.1080/0005772X.2021.2016291.
32. *Калинникова Т.Б., Гатиятуллина А.Ф., Егорова А.В.* Токсическое действие пестицидов на пчел: обзор // Российский журнал прикладной экологии. – 2021. – № 3 (27). – С. 50–57.
33. *Илларионов А.И., Деркач А.А.* Токсикодинамика медоносной пчелы при различных путях поступления неоникотиноидиых инсектицидов в организм насекомых // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. – Вып. 1 (20). – С. 23–28.

34. *Synergistic* mortality between a neonicotinoid insecticide and an ergosterol-biosynthesis-inhibiting fungicide in three bee species / F. Sgolastra, P. Medrzycki, L. Bortolotti [et al.] // J. Pest. Manag. Sci. – 2017. – Vol. 73. – P. 1236–1243. – https://doi.org/10.1002/ps.4449.
35. *Ricke D.F., Lin C.H., Johnson R.M.* Pollen Treated with a Combination of Agrochemicals Commonly Applied During Almond Bloom Reduces the Emergence Rate and Longevity of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Queens // J. Insect Sci. – 2021. – Vol. 21(6) – P. 5. – DOI: 10.1093/jisesa/ieab074.PMID: 34723328.
36. *Iwasaki J.M., Hogendoorn K., Iwasaki J.M.* Non-insecticide pesticide impacts on bees: A review of methods and reported outcomes // Agriculture, Ecosystems&Environment. – 2021. – Vol. 314. – https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107423.
37. *Tosi S., Nieh J.C.* Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto(R)), on honeybees // Proceedings. Biological Sciences. – 2019. – Vol. 286. – https://doi.org/10.1098/rspb.2019.0433.
38. *Effects* of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation / M.S. Balbuena, L. Tison, M.L. Hahn [et al.] // The Journal of experimental biology. – 2015. – Vol. 218 (17). – P. 2799–2805.
39. *Honey* bee queen health is unaffected by contact exposure to pesticides commonly found in beeswax / A. McAfee, J.P. Milone, B. Metz [et al.] //Sci Rep. – 2021. – Jul 26, Vol. 11 (1). – DOI: 10.1038/s41598-021-94554-1.
40. *Milone J.P., Tarpy D.R.* Effects of developmental exposure to pesticides in wax and pollen on honey bee (*Apis mellifera*) queen reproductive phenotypes // Sci Rep. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 1020. – https://doi.org/10.1038/s41598-020-80446-3.
41. *Sublethal* exposure to clothianidin during the larval stage causes long-term impairment of hygienic and foraging behaviours of honey bees / N. Morfin, P.H. Goodwin, A. Correa-Benitez [et al.] // Apidologie. – 2019. – N 50. – P. 595–605. – https://doi.org/10.1007/s13592-019-00672-1.
42. *Tong L., Nieh J.C., Tosi S.* Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto(R)) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation // Chemosphere. – 2019. – Vol. 237. – P. 124408. – https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124408.
43. *Деркач А.А., Илларионов А.И.* Обоснование приемов защиты медоносной пчелы от инсектицидов в агроценозах // Защита и карантин растений. – 2021. – № 12. – С. 7–10.
44. *Осинцева Л.А.* Экология медоносной пчелы, *Apis mellifera* L.: влияние пестицидов и других антропогенных факторов. – Новосибирск, 1999. – 45 с.
45. *Toxicity* of neonicotinoid insecticides on different honey bee genotypes D. Laurino, A. Manino, A. Patetta [et al.] // Bulletin of Insectology. – 2013. – Vol. 66 (1). – P. 119–126.
46. *Organic* beekeeping in Russia / L.A. Osintseva, V.L. Petukhov, A.I. Zheltikov [et al.] // BIO Web Conf. – 2021. – Vol. 36: International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). – DOI: 10.1051/bioconf/20213606022; https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2021/08/bioconf_fsraaba2021_06022/bioconf_fsraaba2021_06022.html.
47. *The rejection* of synthetic pesticides in organic farming has multiple benefits / C.A. Brühl, J.G. Zaller, M. Liess [et al.] // Trends in Ecology & Evolution. – 2021. – https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.11.001.
48. *Organic* farming positively affects honeybee colonies in a flower-poor period in agricultural landscapes / D. Wintermantel, J.-F. Odoux, J. Chadœuf [et al.] // J. Appl. Ecol. – 2019. – Vol. 56. – P. 1960–1969. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13447.
49. *Осинцева Л.А.* Кормовая база пчеловодства Новосибирской области. – Новосибирск, 2005. – 74 с.
50. *Characterization* of Apis mellifera Gastrointestinal Microbiota and Lactic Acid Bacteria for Honeybee Protection-A Review / A. Nowak, D. Szczuka, A. Górczyńska [et al.] // Cells. – 2021. – Mar 22, Vol. 10 (3). – P. 701. – DOI: 10.3390/cells10030701. PMC article.

REFERENCES

1. Kratschmer S., Zettel H., Ockermüller E. [et al.], Threat Ahead? An Experts’ Opinion on the Need for Red Lists of Bees to Mitigate Accelerating Extinction Risks – The Case of Austria, *Bee World*, 2021, Vol. 98, No. 3, pp. 74–77, DOI: 10.1080/0005772X.2021.1940734.

2. Sanchez-Bayo F., Wyckhuys K.A.G., Sanchez-Bayo F., Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers, *Biological Conservation*, 2019, Vol. 232, pp. 8–27, https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020.
3. Safeguarding pollinators and their values to human well-being / S. Potts, V. Imperatriz-Fonseca, H. Ngo [et al], *Nature*, 2016, Vol. 540, pp. 220–229, https://doi.org/10.1038/nature20588.
4. Lu C., Warchol K.M., Callahan R.A., In situ replication of honey bee colony collapse disorder, *Bull Insectol*, 2012, Vol. 65, pp. 99–106.
5. Kulhanek K., Steinhauer N., Rennich K. [et al.], A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA, *Journal of Apicultural Research*, 2017, Vol. 56, pp. 328–340, https://doi.org/10.1080/002188.
6. Gray A., Adjlane N., Arab A. [et al.], Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement, *Journal of Apicultural Research*, 2023, Vol. 62, No. 2, pp. 204–210, DOI: 10.1080/00218839.2022.2113329.
7. Blettler D.C., Biurrun-Manresa J.A., Fagúndez G.A., A review of the effects of agricultural intensification and the use of pesticides on honey bees and their products and possible palliatives, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2022, Vol. 20, No. 4, pp. 40–51.
8. Ponomarev A., *Otravlenie pchel pestitsidami v Rossii. Uroki 2019 goda*. (Poisoning of bees with pesticides in Russia. Lessons from 2019.): https://naturalbeekeeping.ru/articles/otravlenie-pchel-pestitsidami-v-rossii-uroki-2019-goda/. (In Russ.)
9. Lyubimov A., *Rossiiskaya gazeta-Ehkonomika Sibiri*, 2023, No. 92: https://rg.ru/2023/04/27/reg-sibfo/ugrozhaet-li-massovaia-gibel-pchel-prodovolstvennoj-bezopasnosti-strany.html. (In Russ.)
10. Naumkin V.P., Velkova N.I., Pchelovodstvo, 2023, No. 3, pp. 4–6. (In Russ.)
11. Rui C., Vincent B., Thomas P. [et al.], Bee pollination outperforms pesticides for oilseed crop production and profitability, *Proc. R. Soc. B*, 2019, Vol. 286, pp. 1550–1550, URL:http://doi.org/10.1098/rspb.2019.1550.
12. Perrot T., Bretagnolle V., Gaba S., Environmentally friendly landscape management improves oilseed rape yields by increasing pollinators and reducing pests, *Journal of Applied Ecology*, 2022, Vol. 59, pp. 1825–1836, URL: https://doi.org/10.1111/1365-2664.14190.
13. Saleem M.S., Akbar M.F., Javed M.A., Sultan A., Neonicotinoid pesticide applications affect pollinator abundance and visitation, leading to implications for sunflower production (Helianthus annuus L.), *Cogent Food & Agriculture*, 2023, Vol. 9, No. 1, DOI: 10.1080/23311932.2023.2258773.
14. Leach A., Pecenka J., Kaplan I., Does IPPM bear fruit? Evaluating reduced-risk insecticide programmes on pests, pollinators and marketable yield, *Journal of Applied Ecology*, 2022, Vol. 59, pp. 2993–3002, https://doi.org/10.1111/1365-2664.14294.
15. Solov'eva L.F., *Pchelovodstvo*, 2003: https://beejournal.ru/borba-s-boleznyami-i-vreditelyami/2893-issledovanie-opasnosti-pestitsidov-dlya-pchel. (In Russ.)
16. Siviter H., Koricheva J., Brown M.J.F. [et al.], Quantifying the impact of pesticides on learning and memory in bees, *J. Appl. Ecol*, 2018, Vol. 55, P. 2812–2821, https://doi.org/10.1111/1365-2664.13193.
17. Friedli A., Williams G.R., Bruckner S. [et al.], The weakest link: Haploid honey bees are more susceptible to neonicotinoid insecticides, *Chemosphere*, 2020, Vol. 42, https://doi.org/10.1016/j.chemosp.
18. Straub L., Villamar-Bouza L., Bruckner S. [et al.], Negative effects of neonicotinoids on male honeybee survival, behaviour and physiology in the field, *Journal of Applied Ecology*, 2021, Vol. 58, pp. 2515–2528, https://doi.org/10.1111/1365-2664.14000.
19. Demortain D., The science behind the ban: the outstanding impact of ecotoxicological research on the regulation of neonicotinoids, *Current Opinion in Insect Science*, 2021, https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.02.017.
20. Uh P., Brühl C.A., The Impact of Pesticides on Flower-Visiting Insects: A Review with Regard to European Risk Assessment, *Environ Toxicol Chem*, 2019, Vol. 38, pp. 2355–2370, https://doi.org/10.1002/etc.4572.
21. Krupke C.H., Hunt G.J., Eitzer B.D. [et al.], Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields, *PLoS One*, 2012, Vol. 7, e29268.
22. Antonio Hernandez Jerez, Paulien Adriaanse, Philippe Berny [et al.], EFSA Review of the evidence on bee background mortality/ EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR), *EFSA Journal*, 2022, Vol. 20, No. 1.

23. Chandrakumara K., Muralimohan K. [et al.], Seed treatment with neonicotinoid insecticides does not affect the foraging behavior of honey bees, *Apidologie*, 2023, Vol. 54 (29), https://doi.org/10.1007/s13592-023-01007-x.
24. Wood T.J., Goulson D., The environmental risks of neonicotinoid pesticides: A review of the evidence post 2013, *Environ Sci Pollut Res*, 2017, Vol. 24, pp. 17285–17325.
25. Rortais A., Arnold G., Dorne J.-L., Risk assessment of pesticides and other stressors in bees: Principles, data gaps and perspectives from the European food safety authority, *Science of the Total Environment*, 2017, Vol. 587, pp. 524–537.
26. O'Neal S., Anderson T.D., Wu-Smart J.Y., Interactions between pesticides and pathogen susceptibility in honey bees, *Current Opinion in Insect Science*, 2018, Vol. 26, pp. 57–62, https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.006.
27. Tosi S., Nieh J.C., Brandt A. [et al.], Long-term field-realistic exposure to a next-generation pesticide, flupyradifurone, impairs honey bee behaviour and survival, *Communications Biology*, 2021, Vol. 4, No. 1, pp. 805, https://doi.org/10.1038/s42003-021-02336-2.
28. Manjon C., Troczka B.J., Zaworra M. [et al.], Unravelling the molecular determinants of bee sensitivity to neonicotinoid insecticides, *Current Biology*, 2018, No. 28, pp. 1137–1143, https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.02.045.
29. Chakrabarti P., Carlson E.A., Lucas H.M. [et al.], Field rates of Sivanto (flupyradifurone) and Transform(R) (sulfoxaflor) increase oxidative stress and induce apoptosis in honey bees (Apis mellifera L.), *PLoS One*, 2020, Vol. 15, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233033.
30. 30. Tavares D.A., Roat T.C., Silva-Zacarin E.C.M. [et al.], Exposure to thiamethoxam during the larval phase affects synapsin levels in the brain of the honey bee, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2019, Vol. 169, pp. 523–528, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.
31. Delso N.S., Mędrzycki P., Sgolastra F., [et al.], Apitox - The COLOSS Task Force to Investigate the Impact of Pesticides on Bees, *Bee World*, 2022, Vol. 99, No. 1, pp. 32–34, DOI: 10.1080/0005772X.2021.2016291.
32. Kalinnikova T.B., Gatiyatullina A.F., Egorova A.V., *Rossiiskii zhurnal prikladnoi ehkologii*, 2021, No. 3 (27), pp. 50–57. (In Russ.)
33. Illarionov A.I., Derkach A.A., *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, Vyp. 1 (20), pp. 23–28. (In Russ.)
34. Sgolastra F., Medrzycki P., Bortolotti L. [et al.], Synergistic mortality between a neonicotinoid insecticide and an ergosterol-biosynthesis-inhibiting fungicide in three bee species, *J. Pest. Manag. Sci*, 2017, Vol. 73, pp. 1236–1243, https://doi.org/10.1002/ps.4449.
35. Ricke D.F., Lin C.H., Johnson R.M., Pollen Treated with a Combination of Agrochemicals Commonly Applied During Almond Bloom Reduces the Emergence Rate and Longevity of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Queens, *J. Insect Sci*, 2021, Vol. 21 (6), pp. 5, DOI: 10.1093/jisesa/ieab074.PMID: 34723328/.
36. Iwasaki J.M., Hogendoorn K. Iwasaki J.M., Non-insecticide pesticide impacts on bees: A review of methods and reported outcomes, *Agriculture, Ecosystems&Environment*, 2021, Vol. 314, https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107423.
37. Tosi S., Nieh J.C., Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto(R)), on honeybees, *Proceedings. Biological Sciences*, 2019, Vol. 286, https://doi.org/10.1098/rspb.2019.0433.
38. Balbuena M.S., Tison L., Hahn M.L. [et al.], Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation, *The Journal of experimental biology*, 2015, Vol. 218 (17), pp. 2799–2805.
39. McAfee A., Milone J.P., Metz B. [et al.], Honey bee queen health is unaffected by contact exposure to pesticides commonly found in beeswax, *Sci Rep.*, 2021, Jul 26, Vol. 11 (1), DOI: 10.1038/s41598-021-94554-1.
40. Milone J.P., Tarpy D.R., Effects of developmental exposure to pesticides in wax and pollen on honey bee (Apis mellifera) queen reproductive phenotypes, *Sc.i Rep*, 2021, Vol. 11 (1), pp. 1020, https://doi.org/10.1038/s41598-020-80446-3.
41. Morfin N., Goodwin P.H., Correa-Benitez A. [et al.], Sublethal exposure to clothianidin during the larval stage causes long-term impairment of hygienic and foraging behaviours of honey bees, *Apidologie*, 2019, No. 50, pp. 595–605, https://doi.org/10.1007/s13592-019-00672-1.

42. Tong L., Nieh J.C., Tosi S., Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto(R)) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation, *Chemosphere*, 2019, Vol. 237, 124408, https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124408.
43. Derkach A.A., Illarionov A.I., *Zashchita i karantin rastenii*, 2021, No. 12, pp. 7–10. (In Russ.)
44. Osintseva L.A., *Ehkologiya medonosnoi pchely, Apis mellifera L.,: vliyanie pestitsidov i drugikh antropogennykh faktorov* (Ecology of the honey bee, Apis mellifera L.: influence of pesticides and other anthropogenic factors), Novosibirsk, 1999, 45 p.
45. Laurino D., Manino A., Patetta A. [et al.], Toxicity of neonicotinoid insecticides on different honey bee genotypes, *Bulletin of Insectology*, 2013, Vol. 66 (1), pp. 119–126.
46. Osintseva L.A., Petukhov V.L., Zheltikov A.I. [et al.], Organic beekeeping in Russia, *BIO Web Conf*., 2021, Vol. 36, International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture" (FSRAABA 2021), DOI: 10.1051/bioconf/20213606022, https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2021/08/bioconf_fsraaba2021_06022/bioconf_fsraaba2021_06022.html.
47. Brühl C.A., Zaller J.G., Liess M. [et al.], The rejection of synthetic pesticides in organic farming has multiple benefits, *Trends in Ecology & Evolution*, 2021, https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.11.001.
48. Wintermantel D., Odoux J.-F., Chadœuf J. [et al.], Organic farming positively affects honeybee colonies in a flower-poor period in agricultural landscapes, *J. Appl. Ecol*, 2019, Vol. 56, pp. 1960–1969, https://doi.org/10.1111/1365-2664.13447.
49. Osintseva L.A., *Kormovaya baza pchelovodstva Novosibirskoi oblasti* (Feed base for beekeeping in the Novosibirsk region), Novosibirsk, 2005, 74 p.
50. Nowak A., Szczuka D., Górczyńska A. [et al.], Characterization of Apis mellifera Gastrointestinal Microbiota and Lactic Acid Bacteria for Honeybee Protection-A Review, *Cells*, 2021, Mar 22, Vol. 10 (3), pp. 701, DOI: 10.3390/cells10030701. PMC article.

УДК 638.132.2
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-272-285

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ МЕДОНОСНЫХ УГОДИЙ

[1,2]И.Д. Самсонова, доктор биологических наук, профессор

[3]А.А. Плахова, доктор биологических наук, профессор

[1]Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

[2]Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

[3]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Ключевые слова: инновационные методы, анализ флоры, медоносные ресурсы, медовый запас, содержание сахара в нектаре, пыльцевой анализ, современные технологии GPS, дроны, радиочастотные идентификаторы, метод экспоненциального сбора нектара, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Реферат. *Представлен информационный обзор инновационных методов оценки ресурсов медоносных угодий. Отмечены актуальность и проблемы их использования. Показаны альтернативные методы определения ресурсного потенциала медоносных угодий. Описаны научные методики выявления медоносных растений: изучение растительности, анализ химического состава меда и его свойств, применение дронов для съемки медоносных угодий, использование искусственного интеллекта для обработки больших объемов данных о медоносных угодьях. Наибольшую распространенность в настоящее время имеет использование технологий GPS (глобальной позиционной системы), которые позволяют проводить точное геопространственное картографирование медоносных угодий. Выявление медоносных растений для улучшения кормовой базы проводится разными методами: флористическим анализом растительности, анализом пыльцы, информационным анализом растительности, наблюдением за поведением пчел в ульях. Приведены новые методы определения медовых запасов угодий, интенсивности цветения медоносов: сбора проб нектара, содержания сахара в нектаре, которые помогают собирать данные о нектарной продуктивности и качестве нектара с большей точностью и эффективностью. Широко используются метки RFID для производства и управления медовыми запасами, контроля состояния ульев, определения производительности пчелосемей. Благодаря прогрессу в области технологий и научных исследований существует множество новых подходов, которые позволяют более точно и эффективно выбирать ресурсные аспекты медоносных угодий.*

MODERN METHODS OF ASSESSING THE RESOURCES OF HONEYLANDS

[1,2]I.D. Samsonova, Doctor of Biological Sciences, Professor

[3]A.A. Plakhova, Doctor of Biological Sciences, Professor

[1]St. Petersburg State Forestry University, named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

[2]Bashkir State Pedagogical University named after. M. Akmully, Ufa, Russia

[3]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: isamsonova18@mail.ru

Keywords: innovative methods, flora analysis, honey-bearing resources, honey stock, sugar content in nectar, pollen analysis, modern GPS technologies, drones, radio frequency identifiers, exponential nectar collection method, high-performance liquid chromatography.

Abstract: *An information review of innovative methods for assessing the resources of honey-bearing lands is presented. The relevance and problems of their use are noted. Alternative strategies for determining the resource potential of honey-bearing lands are shown. Scientific methods of identifying honey plants are described: the study of vegetation, analysis of the chemical composition of honey and its properties, the use of drones to survey honey grounds, and the use of artificial intelligence to process large amounts of data about honey grounds. GPS (global positioning system) technologies, which allow accurate geospatial mapping of homelands, are currently the most widespread. The identification of honey plants to improve the food supply is carried out by various methods: floral analysis of vegetation, pollen analysis, informational analysis of vegetation, and observation of the behaviour*

of bees in hives. New techniques for determining the land's honey reserves and the flowering intensity of honey plants are presented: collecting nectar samples and sugar content in nectar, which helps collect data on nectar productivity and nectar quality with greater accuracy and efficiency. RFID tags are widely used for producing and managing honey stocks, monitoring the condition of hives, and determining bee colonies' productivity. Thanks to advances in technology and scientific research, many new approaches allow for more accurate and efficient selection of resource aspects of honey lands.

Пчелы играют ключевую роль в увеличении урожая и качества продукции в растениеводстве [1–3]. Медоносные угодья являются источником питания для пчел [4], поэтому изучение и оценка ресурса вторичного медоносного угодья позволяют определить доступность пищевых ресурсов для пчел и разработать эффективные меры по сохранению пчелопопуляции [5].

Изменения в окружающей среде, в частности изменения климата [6, 7], использование земель, агрохимические воздействия и другие факторы оказывают влияние на потенциал ресурсов медоносных угодий [8, 9].

Использование новых методов исследования ресурсов медоносных угодий может потребовать специализированной экспертизы и решения сложных технологических задач. Это, например, методы молекулярной биологии, дистанционного зондирования, географических информационных систем (ГИС) и другие перспективные подходы с использованием специализированного оборудования, программного обеспечения и знаний в области анализа данных.

Медоносные угодья могут быть неоднородными в силу широкого разнообразия растений, их фенологической стадии и доступности ресурсов. Инновационные методы оценки могут столкнуться с трудностями при учете этой неоднородности и достаточной репрезентативности образцов или данных.

Инновационные методы оценки ресурсов медоносных угодий еще не так широко распространены, что может ограничить наличие сравнимых значений или значений временных рядов, затруднить учет итоговых изменений в источниках медоносных угодий и выявление тенденций.

Медоносные угодья подвержены воздействию природных процессов, таких как климатические изменения, экологические бедствия, биологичность взаимодействия и др. Это может создать сложность в оценке ресурсов медоносных угодий с использованием методов обнаружения, так как процессы могут быть изменчивыми.

Существует несколько методов определения ресурсного потенциала медоносных угодий.

Изучение растительности и ее состава может помочь определить потенциал медоносных угодий. В качестве индикаторов медоносности можно использовать наличие определенных видов медоносных растений, которые привлекают пчел для сбора нектара и пыльцы [10, 11].

Контингент медоносов выясняется путем ботанического обследования района с накоплением гербарного материала. Выявляются и заносятся в списки не только медоносы в прямом смысле слова, т. е. нектароносы, но и все растения, дающие пыльцу (пергоносы). Ботаническое обследование ведется сплошным методом, но наблюдатель обязан особо отмечать те растения, которые встречаются сообществами, или если рассеянно, то в массовом количестве [12, 13].

Современные технологии GPS позволяют проводить точное геопространственное картографирование медоносных угодий. Это может помочь определить размер, форму и местоположение угодий, а также собрать информацию о сезонных изменениях и показателях производительности [14].

Картографирование является одним из основных методов изучения ареалов растений. Представление об ареале растений, установление ареалов растений нескольких видов становится возможным только после их картографического изображения. Одним из наиболее распространенных методов картографирования ареала является фиксация на карте всех пунктов местонахождения вида. Разными условными знаками могут быть выделены местонахождения, известные по литературным данным, материалам гербарных сборов, по новым находкам, что позволяет судить, меняются ли площадь и форма ареала со временем.

Анализ химического состава меда и его свойств также может помочь определить потенциал медоносных угодий. Химический анализ меда может выявить содержание различных микроэлементов и питательных веществ, которые могут быть связаны с определенными растениями и почвенными условиями [15, 16].

Например, мед падевый по сравнению с цветочным содержит большее количество олигосахаридов, а также трисахаридов, таких как мелицитоза и рафиноза. В падевом и цветочном меде установлено соответственно: мальтозы – 2,48 и 2,03; туранозы – 2,1 и 1,58; трегалозы – 0,74 и 0,18; мелицитозы – 4,23 и 1,5; рафинозы – 0,35 и 0,11 мг/г. Для трех монофлерных медов установлены особые нормативные требования, которые отражены в ГОСТ 31766-2012 Меды монофлерные. Технические условия [17].

Дроны могут использоваться для съемки медоносных угодий, что позволяет получить высококачественные изображения и видео. Это может помочь определить плотность растительности, размеры и формы угодий, а также другие факторы, которые могут влиять на производительность [18,19]. На снимках хорошо видны поляны, пожары, порубки в тайге, просеки и дороги. По снимкам легко подбирать маршруты обследования, составлять план кочевок пасек и создания пчеловодческих ферм. Таким образом, будет обследована огромная территория, где можно получать мед [20].

С помощью искусственного интеллекта можно обрабатывать большие объемы данных о медоносных угодьях и анализировать их. Это может помочь определить связь между различными факторами, такими как почвенные и климатические условия, состав растительности и производительность медоносных угодий.

Например, компьютерная программа «Пчелка» используется как пасечный дневник, где указываются погодные условия, календарь цветения растений, состояние пчелиных семей, в том числе в зимовке; компьютерные программы CooRecorder и CBeeWing позволяют проводить морфологические измерения пчел [21].

Выявление медоносных растений для улучшения кормовой базы пчеловодства может проводиться с применением различных методик.

Флористический анализ заключается в изучении растительности на территории, где находится пасека. При этом определяются наличие и количество медоносных растений, их биологические и агротехнические свойства, период цветения и т.д. Пчеловод выявляет основные медоносы своей местности и из года в год записывает сроки их зацветания и отцветания. По этим данным составляется календарь цветения медоносов, с помощью которого можно приблизительно ориентироваться в сроках наступления медосбора с того или иного растения, заранее знать безвзяточные периоды и т. д. [22–26].

Различают несколько способов геоботанических исследований: 1) маршрутный – рекогносцировочный проводится с целью выявления основных закономерностей распределения растительности конкретного региона; 2) детально-маршрутный даёт более полную характеристику растительности; 3) стационарные работы проводятся на небольших постоянных пробных площадках в течение длительного времени.

Маршрутный метод заключается в следующем. Намечают очередность посещения тех или иных угодий. При этом отдельные угодья, занимающие большие площади и неоднородные по рельефу местности, видовому составу растений, закустаренности, в свою очередь, подразделяют на типичные участки. Так, общий массив леса для удобства и большей точности обследования делят на участки с преобладанием или зарослями ивы, сосны или липы и т. д. На лугах выделяют площади с преобладанием в травостое какого-либо медоноса, закустаренные луга, вырубки, участки, подвергшиеся заболачиванию, и пр. Записывают примерные границы каждого участка по имеющимся на карте и местности ориентирам (строения, дороги, водные преграды, отдельные деревья и пр.). После этого приступают к количественному учету медоносов на каждом участке в отдельности. Пригодные места для освоения можно получить из данных гидрометеорологических и геоботанических справочников и путем личных наблюдений в процессе полевых (экспедиционных) исследований.

Учет травянистой растительности, лесных полян проводят закладкой пробных площадок вокруг пасек в радиусе 3 км. Для этой цели используют квадратную рамку со сторонами

100 х 100 см, изготовленную из деревянных планок. Участок обследуют по диагонали, через каждые 100–200 шагов кладут на землю рамку и глазомерно оценивают процент участия в травянистой растительности каждого вида медоноса. Для этого всю массу растений принимают за 100 % и вычисляют процент каждого вида. По соотношению растений в травостое определяют растения, доля которых в травостое значительна. Общий запас медопродуктивности устанавливают путем умножения медопродуктивности одного гектара на площадь сгоревшей и вырубленной тайги.

Определение площади, занимаемой древесными и кустарниковыми медоносными растениями, проводят путем подсчета по диагонали на участках лесного массива площадью 10 м^2 количества медоносных и немедоносных деревьев и кустарников. Такие подсчеты проводят в 20 пунктах, взятых через равные промежутки. Затем вычисляют площадь, занимаемую различными медоносами в данном лесном массиве. На основе этих учетов вычисляют процентное соотношение деревьев разных пород и площадь, занятую каждой из них [27, 28].

Классический метод оценки медоносной значимости какой-либо территории (региона) заключается в определении потенциальных запасов меда и ранжировании регионов по объему потенциальных запасов: чем больше потенциальных запасов, тем большую значимость представляет регион с точки зрения пчеловодства. Для расчета потенциальных запасов меда умножают площадь искомого региона на среднюю медовую продуктивность. Если медоносная база состоит из разных медоносных растений и угодий, то сначала определяют запасы меда по отдельным типам медоносных угодий и затем результат суммируют. При оценке территории с точки зрения медовой ценности следует учитывать как медопродуктивность, так и размеры территории.

В качестве критерия медовой ценности региона В. Н. Кулаков [29] предлагает критериальный коэффициент, который численно равен произведению запасов меда на квадрат медопродуктивности. Критериальный коэффициент заключается в том, что большее его значение означает большую ценность региона с точки зрения пчеловодства. Методика определения ценности региона на основе критериального коэффициента: определение потенциального запаса меда регионов; определение средней медовой продуктивности 1 га для каждого из исследуемых регионов путем деления объема потенциальных запасов меда на площадь соответствующего региона; расчет критериального коэффициента для исследуемых территорий.

Пыльцевой анализ основывается на анализе пыльцы, собранной пчелами. Изучаются состав и количество пыльцы различных растений, благодаря чему можно выявить медоносные растения на территории пасеки [30].

Изучение обножек может проводиться по методу проф. В. Н. Андреева. По этому методу необходимо производить планомерный сбор обножек с пчел, возвращающихся в улей, и по составу обножек устанавливать посещенные пчелами растения [12]. По методике Г.П. Чекрыга [31] для исследований используют смешанные образцы пыльцевой обножки, полученные от нескольких пчелосемей. Образцы пыльцевой обножки отбирают из пыльцеуловителей. Из полифлёрных образцов пыльцевой обножки отбирают навески по 10 г, каждую делят механически по цветовой гамме и характеризуют по количеству цветовых оттенков (по полифлёрности). Обножку каждого цвета взвешивают на электронных лабораторных весах ВК-600 и определяют процентную долю монофлёрной обножки в полифлёрном образце.

Не все растения нектаро-пыльценосного сообщества важны для сбора нектара и пыльцы. Из нескольких десятков или сотен цветущих растений, входящих в состав сообщества, лишь относительно немногие виды или группы имеют определенное значение, обусловленное востребованностью их продукции.

Наряду с этим следует изучать относительное количество различных видов перги в тех ее запасах, которые сложены в сотах. Параллельно нужно производить исследование образцов меда на встречающиеся в них остатки пыльцы [12].

Информационный анализ основывается на изучении информации о растительности на территории, в том числе наличии мест с особо ценными медоносами. Эта информация может быть получена из различных источников, таких как научные статьи, каталоги растений и т.д.

Площади медоносных растений определяют по данным Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Лесного и Земельного фонда РФ (Лесной фонд РФ – Федеральное агентство лесного хозяйства ФГУП «Рослесинфорг»). Кроме того, могут быть собраны, проанализированы и обобщены различные отчетно-статистические материалы, содержащие информацию о медоносных угодьях и медоносных породах всех субъектов РФ [32, 33].

Наблюдения за пчелами заключаются в наблюдении за поведением пчел на ульях, которые расположены вблизи потенциальных мест с медоносами [34]. Если прилетающие пчелы падают на прилетную доску, имеют раздутое брюшко, которое как бы волочат за собой, продвигаясь к летку, то рабочие пчелы нагружены. Часто такие пчелы падают на прилетную доску и траву у летка и отдыхают, совершая быстрые дыхательные движения брюшком. Если рабочие пчелы не падают на прилетную доску, а опускаются легко, точно к летку, брюшко держат несколько кверху, то нагрузка пчел небольшая. Число вылетов за день каждой пчелы – сборщицы нектара зависит от интенсивности нектаровыделения медоносных растений и других условий [35].

Если пчелы активно собирают нектар и пыльцу с определенных растений, это может свидетельствовать о том, что данные растения являются медоносными [34].

Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор метода зависит от целей и возможностей исследования.

Современные технологии GPS (глобальной позиционной системы) позволяют проводить точное геопространственное картографирование медоносных угодий. Это дает возможность определять точные координаты медоносных растений, проводить анализ их плотности и распределения на участке, а также оценивать доступность медоносных растений для пчел.

Для использования GPS в картографировании медоносных угодий необходимо выполнить следующие шаги:

– подготовка приборов и средств для работы с GPS, таких как GPS-приемник, ноутбук или смартфон с соответствующим приложением и т.д.;

– определение области для картографирования. Это могут быть лесистая местность, поля, парки или другие участки, где есть медоносные растения;

– планирование маршрута для сбора данных с помощью GPS-приложения, которое позволяет оптимизировать маршрут с учетом доступных медоносных угодий;

– сбор данных о координатах медоносных растений, их плотности и распределении в процессе перемещения по маршруту с помощью GPS-приемника и соответствующего приложения;

– обработка данных с помощью специального программного обеспечения для создания геопространственных карт медоносных угодий;

– анализ данных на предмет доступности медоносных растений для пчел, определения наиболее продуктивных мест для размещения ульев, а также для планирования и оптимизации производства меда.

Использование GPS-технологий для картографирования медоносных угодий позволяет значительно улучшить точность и эффективность оценки медовой продуктивности, что может способствовать повышению качества и количества произведенного меда.

В качестве примера можно привести следующую ситуацию: при применении в растениеводстве пестицидов высоких классов опасности ежегодно происходит массовая гибель медоносных пчел. Это приводит к снижению урожайности растений, недостатку меда и пчелопродуктов. Применение GPS-технологий помогает пчеловодам найти самые медоносные места, где не используют химическую обработку растений, и сохранить пчел.

Существует несколько новых ***методов определения количества меда, медовых запасов угодий***.

Несущая способность ульев. Специальные датчики в улье могут измерять изменение массы тела пчел до и после сбора меда, и на основе этой информации можно оценивать количество собранного меда. Метод является относительно точным и позволяет контролировать динамику запасов меда в угодьях во времени.

При этом методе может использоваться контрольный улей с пчелиной семьей, в котором определяется количество нектара, принесенного пчелами за день, и осуществляется контроль за снижением массы улья в безнектарный период. Со дня выставки пчел и до уборки ульев в зимовник каждый вечер (по окончании лета пчел) контрольный улей взвешивают (с точностью до 100 г). Показания записывают в дневник, где отмечают также все изменения массы контрольного улья при работе с пчелиной семьей. Существенное увеличение привесов контрольного улья свидетельствует о начале главного медосбора, а их снижение – о его завершении. По окончании медосбора по данным дневника подсчитывают сумму привесов контрольного улья и по полученным результатам определяют продуктивность пчелиной семьи и всей пасеки. Для большей наглядности хода медосбора вычерчивают диаграмму показаний контрольного улья. Сопоставление диаграмм за несколько лет позволяет судить о характере медосбора, устанавливать, с каких медоносных растений получают основное количество товарного меда, определять безмедосборные периоды и в соответствии с этим осуществлять прогнозирование медосбора, планировать вывоз пчел на медосбор и опыление [13].

Существует еще один вариант определения медовых продуктивных качеств пчел – посредством учета нагрузки медового зобика. Для этого взвешивают 30 вылетающих и 30 прилетающих пчел. По разнице в массе пчел определяют количество нектара, которое пчелы приносили с поля. Массу особей определяют на электронных весах [35].

Одним из примеров применения цифровых технологий в области пчеловодства является применение «умного улья». С его помощью получают необходимые данные с датчиков улья, позволяющие в любой момент времени определить причину тревожности пчел, вовремя среагировать и принять нужные меры. Принцип работ «умного улья» заключается в следующем. Основной контроллер через определенные промежутки времени «опрашивает» подключенные к нему через переходную плату датчики, расположенные на корпусе улья; при помощи сотовой связи, по технологии NB-ioT, контроллер отправляет данные на сервер базы данных, в которых аккумулируется информация, полученная с датчиков; сервер базы данных имеет визуализированный интерфейс, при помощи которого можно увидеть эти параметры в виде таблицы. Используемые датчики: давления и температуры для измерения атмосферного давления и температуры окружающей среды; влажности и температуры для измерения влажности и температуры в улье; звука – позволяет получить сигнал на выходе, соответствующий уровню его громкости в любой промежуток времени; дождя – представляет собой чувствительный модуль, который реагирует на жидкость; наклона и переворота. Таким образом, своевременно получая оповещение о наличии угрозы, пчеловод оперативно предпринимает необходимые меры по ее ликвидации.

Использование радиочастотных идентификаторов (RFID). Это позволяет определить количество пчел, возвращающихся в улей с нектаром и пыльцой, и оценить активность угодий. Этот метод может быть использован для наблюдения за активностью пчел на различных участках и определения их производительности [36–39].

Использование дронов и сенсорной техники. Анализ данных, собранных с их помощью, может помочь оценить потенциал медоносности угодий и определить запасы меда на основе обнаружения цветения и наличия цветков.

Использование генетических методов. Методы молекулярной генетики, такие как ДНК-анализ нектара и пыльцы, могут быть использованы для определения источника нектара, собранного пчелами. Оценивают запасы меда на основе их распространения и обилия в этой местности [40, 41].

Тепловизионные камеры могут помочь развитию активности пчел на угодьях и оценить их продуктивность.

Оценка содержания сахара в нектаре. Пчеловоды могут собирать нектар с цветущих растений и анализировать содержание в нем сахара, чтобы оценить его качество и количество и таким образом определить медовый запас на угодьях.

Фактическую нектарность у растений с открытыми нектарниками определяют методом смывания. Преимущество этого метода заключается в том, что он дает возможность

взять пробу быстро с большого числа цветков. Химический анализ может быть проведен в более свободное время. У растений с закрытыми нектарниками содержание сахара определяют методом микрокапилляров. Метод микробумажек был описан А. Ф. Губиным. Указанные методы имеют общий недостаток – трудоемкость. Тем не менее они позволяют выявить динимику нектропродуктивности цветка по мере его роста.

После выявления нектропродуктивности цветка определяют количество нектара на той или иной площади. С этой целью уточняют число цветков на одном растении, а затем на 1 га. Общая нектаропродуктивность местности будет равна произведению количества цветков медоносов на 1 га, количества нектара в цветке и числа растений. Если увеличить запас сахара в нектаре на 20%, то можно получить медовую продуктивность 1 га медоносов [42].

Использование меток на пчелах. Меченые пчелы затем могут быть отловлены и подсчитаны в улье или на угодье, чтобы оценить количество пчел, посетивших угодье и собравших мед. Мечение пчел проводят лаком с помощью тонкой кисточки или применяют особые наклейки (опалитки).

Определение интенсивности цветения медоносов, т. е. количества цветков, доступных пчелам для сбора нектара и пыльцы, может быть выполнено с использованием различных методов и инструментов.

Полевые наблюдения – это самый простой и доступный метод определения степени цветения медоносов. Он включает наблюдение за наличием и количеством цветущих растений на территории в течение определенного периода времени.

При научном изучении цветения медоносных растений выделяют сезонные и суточные периоды цветения. По характеру цветения медоносные растения можно разделить на несколько групп: цветущие утром, в полдень, утром и вечером, в течение всего дня. При этом одни растения выделяют нектар только короткое время, непосредственно после распускания, другие дают нектар в течение нескольких дней после распускания листья. Одни растения дают за день ряд постепенно расцветающих цветков, другие же – сразу цветущую массу.

При наблюдении цветения пользуются методом пробных площадок, т. е. производят наблюдение на определенном участке той или другой величины. Так, например, можно учитывать энергию цветения медоносов на площадках в 1 м^2 [12].

Наблюдения за посещением цветковых растений насекомыми в полевых условиях требуют определенной внимательности и много времени. Зная, что основой привлечения насекомых к посещению цветков, в первую очередь, является пищевая потребность, можно понять не только их выбор, но и поведение, определяющие по времени поиск и сбор нектара или пыльцы на цветках разного строения. При определении видовой принадлежности покрытосеменных растений важно учитывать как признаки вегетативных, так и генеративных органов растений [31].

Фотографический мониторинг позволяет фиксировать цветение медоносных растений и оценивать его перспективы с помощью сравнения фотографий, сделанных в разные периоды времени.

Современные технические средства – достижения электронной техники существенно расширили возможности осуществления фотосъемки растений естественной флоры непосредственно в природной среде. Фотографии можно делать с помощью обычных фотокамер или даже смартфонов. В последнее время все большее распространение среди ботанических атласов-определителей занимают именно цветные фотоиллюстрированные справочные издания. Фотография работ применяется в научных исследованиях и в производстве [24, 43].

Анализ пыльцы – исследование пыльцы, собранной с медоносных растений, – может быть использован для определения особенностей цветения. Пчелы собирают пыльцу во время посещения цветков, и ее анализ может помочь в учете количества и видов растений, которые посещают пчелы.

Если в меде несколько видов пыльцевых зерен, то каждый вид подсчитывают отдельно, уточняя процентный состав каждого. Такой мед называется полифлерным. Его обозначают как цветочный сборный и называют по месту сбора: лесной, луговой, горный. Если в меде не менее 75 % одного вида пыльцы, а остальные 25 %

приходятся на другие, то такой мед считается монофлерным. Монофлерный мед определяют по виду основного растения-нектароноса: липовый, подсолнечниковый, гречишный, эспарцетовый. Цвет пыльцевых зерен варьирует от бело-кремового до темно-синего в зависимости от ботанического происхождения. Пигменты, определяющие эту окраску, – каротиноиды и флавоноиды. Даже в одном семействе пыльцевая обножка различается по цвету и форме [44, 45].

Затем проводят исследование морфологического строения (микроскопирование) пыльцевых зерен как собранной обножки, так и из пыльцевых мешков цветков, собранных с растений [31]. Для идентификации пыльцевых зерен пользуются атласами пыльцевых зерен, составленных трудами Н. И. Кривцова, А. П. Савина и др. [26], А. Н. Бурмистрова, В. А. Никитиной [46], И. В. Карпович, Е. С. Дребезгиной и др. [47].

При ботанической идентификации медов неотъемлемой частью также является информация о пыльцевых зернах медоносных растений (ГОСТ 31766-2012 Меды монофлерные. Технические условия).

Использование автоматических систем мониторинга позволяет получать непрерывные данные о частоте цветения медоносов.

Существуют также специальные инструменты – спектрофотометры для оценки интенсивности цветения медоносов на основании определения физико-химических параметров, таких как фотосинтетическая активность растений или концентрация нектара в цветках.

Существует несколько новых методов *сбора проб нектара*, которые помогают получать данные о нектарной продуктивности и качестве нектара с большой точностью и эффективностью.

Метод микроэкстракции основан на использовании микроэкстрактора, который позволяет собирать очень маленькие объемы нектара (от 1 до 10 мкл). Микроэкстрактор включает в себя тонкую капиллярную трубку, которая вводится в цветок и впрыскивает туда небольшое количество растворителя, чтобы извлечь нектар. Этот метод является неинвазивным и не повреждает цветок, что позволяет повторять эксперименты на одном и том же цветке [48].

Метод экспоненциального сбора нектара основан на использовании гидрогелевой пленки, которая поглощает нектар и расширяется в размерах. Чем больше пленка растягивается, тем больше объем нектара, который можно собрать. Для этого гидрогелевая пленка размещается на поверхности цветка, и в процессе экспоненциального роста пленки собирается нектар [49].

Метод использования электронного языка основан на распознавании химических соединений в нектаре. Датчик электронного языка погружается в нектар и измеряет изменение электрического потенциала, вызванного химическими соединениями. Этот метод позволяет собирать данные о составе нектара и идентифицировать цветки с наилучшим качеством нектара [50].

Дроны для сбора проб нектара используются в удаленных районах, где доступ к цветкам ограничен. Для этого дрон оснащается съемным контейнером, который предназначен для сбора проб нектара с цветков во время полета.

Эти новые методы сбора проб нектара позволяют улучшить точность и эффективность измерения нектарной продуктивности и качества нектара.

Метод экспоненциального сбора нектара в улье предполагает использование специальных улучшенных ульев, разработанных с целью увеличения производства нектара и выявления риска проявления среди пчел инфекционных заболеваний.

Суть метода экспоненциального сбора нектара заключается в том, что пчелы возвращаются в улей, где происходит сбор нектара, и тут же выгружают его, не задерживаясь на переработку. Вместо этого они незамедлительно отправляются обратно на сбор нектара. Таким образом, пчелы максимально сосредоточиваются на сборе нектара, а не тратят время и энергию на его обработку и хранение в улье.

Для реализации улучшенного экспоненциального сбора нектара используются специальные ульи, включающие в себя дополнительные соты для быстрой выгрузки нектара. Такие ульи могут быть оборудованы системой автоматического сбора нектара, построенной как трубки или трубопроводы, которые позволяют пчелам

передавать нектар сразу из своих желудков в хранилище улья.

Метод экспоненциального сбора нектара может увеличить производительность пчелиного улья, так как пчелы используют меньше времени в улье, освобождая больше времени на сбор нектара. Однако этот метод также имеет свои ограничения и требует специальных навыков у пчеловодов для его реализации.

Для *определения содержания сахара в нектаре* можно использовать несколько методов анализа.

Рефрактометрия – это метод, основанный на измерении изменения показателя преломления света при прохождении через раствор. Для определения содержания сахара в нектаре небольшое количество нектара растворяется в воде, а показатель преломления измеряется с использованием рефрактометра. Изменение показателя преломления связано с концентрацией сахара в растворе, и по калибровочным кривым или таблице можно определить содержание сахара в нектаре [51, 52].

При методе поляриметрии нектар подвергается гидролизу, чтобы сахара превращались в моносахара, а затем используется поляриметр для измерения внешней поляризации света, прошедшего через раствор. Изменение спектральной поляризации также связано с концентрацией сахара в растворе, и по калибровочному кривым или таблице можно определить содержание сахара в нектаре [53].

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) – это метод анализа, который позволяет разделять и определять компоненты смесей на основе их физико-химических свойств и взаимодействий со стационарной и мобильной фазой.

ВЭЖХ является точным и чувствительным методом анализа, который широко применяется в лабораторных условиях для определения содержания сахаров и других компонентов различных образцов, включая нектар.

Технология радиочастотных идентификаторов (RFID) может быть использована для определения количества меда, накопленного пчелами в улье, на основе меток RFID, установленных на улье или на сотах, где пчелы хранят мед. Метки могут быть в виде маленьких электронных устройств, содержащих микрочипы и антенны. Считыватели RFID установлены рядом с ульем или сотами и могут быть подключены к компьютеру или другому устройству для считывания информации с меток. Считыватели настроены на выявление радиочастот, на которых работают метки RFID. Когда пчелы проходят мимо считывателей с установленными метками RFID, данные считываются и записываются в базу данных. Эти данные содержат информацию о времени и дате, когда метка была считана, идентификатор метки. Собранные данные могут быть проанализированы для определения медового запаса угодий.

Мы привели лишь несколько примеров новых методов определения ресурсного потенциала медоносных угодий. Благодаря прогрессу в области технологий и научных исследований появляется множество новых подходов, которые позволяют более точно и с меньшими трудозатратами исследовать ресурсные аспекты медоносных угодий. Развитие современных технологий приводит к разработке новых методов наблюдения и оценки медоносных угодий, которые могут использоваться пчеловодами в условиях производства для повышения эффективности отрасли пчеловодства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Савин А. П.* Нектаропродуктивность донника //Пчеловодство. – 2003. – № 9. – С. 13–15.
2. *Самсонова И. Д.* Нектаропродуктивность донника желтого // Пчеловодство. – 2011. – № 7. – С. 22–23.
3. *Сафиуллин Р. Ф., Савин А. П.* Оптимизация структуры посевных площадей с учетом развития пчеловодства // Пчеловодство. – 2010. – № 5. – С. 13–15.
4. *Кашковский В. Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L.. – СПб.: Наука. С.-Петербург. фил., 2021. – 423 с.
5. *Саттаров В. Н.* Численность популяции медоносной пчелы в лесостепной и степной зонах Башкортостана // Пчеловодство. – 2009. – № 6. – С.13–15.
6. *Земскова Н. Е., Мельникова Е. Н., Саттаров В. Н.* Влияние изменения климата на медоносный конвейер // Пчеловодство. – 2022. – № 10. – С.16–17.

7. *Улугов О. П., Шарипов А., Саттаров В. Н.* Влияние опасных последствий изменения климата на пчелиные семьи // XII Ломоносовские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню таджикской науки и 30-летию установления дипломатических отношений между Республикой Таджикистан и Российской Федерацией / Фил. Моск. гос. ун-та им. М. В. Ломоносова в г. Душанбе. – Душанбе, 2022. – С. 359–363.
8. *Distribution*, Characteristics and Ecological Role of Protective Forest Belts in Silistra Municipality, Northeastern Bulgaria / Vassilev K.V., Assenov A.I., Velev N.I. [et al.] // Ecologia Balcanica. – 2019. – Vol. 11, Is. 1. – P. 191–204.
9. *Szczurek A., Maciejewska M., Batog P.* Monitoring System Enhancing the Potential of Urban Beekeeping // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13 (1). – P. 597. – https://doi.org/10.3390/app13010597.
10. *Самсонова И. Д., До В. Т., Плахова А. А.* Оценка медоносных растений березняков и ресурсный потенциал лесных угодий для медосбора Ленинградской области: монография. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 198 с.
11. *Кадастровая* оценка медоносных ресурсов горнолесной зоны Республики Башкортостан / Р. Р. Хисамов, Р. Г. Фархутдинов, Р. К. Ташбулатов, А. А. Кулагин // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. – 2014. – № 2. – С. 41–49.
12. *Глухов М. М.* Медоносные растения. – М.: Колос, 1974. – 304 с.
13. *Бутов А. Г., Зотов В. А., Калиниченко И. М.* Пчела медоносная *Apis mellifera* L.: энциклопедия – М.: Московские учебники и картолитография, 2005. – 480 с.
14. *Алексеев А. С., Черниховский Д. М.* Оценка жизненного состояния древостоев на основе материалов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и коротковолнового вегетационного индекса SWVI // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VI Всерос. науч.-техн. конф. – СПб., 2021. – С. 19–22.
15. *Чудаков В. Г.* Технология продуктов пчеловодства. – М.: Колос, 1979. – 160 с.
16. *Осинцева Л. А.* Технология, стандартизация, показатели качества и безопасности продукции пчеловодства. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. – 409 с.
17. *Гранцон М. Э.* Что мы знаем о меде? – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1991. – 12 с.
18. *Новый* метод определения таксационных характеристик насаждений по снимкам сверхвысокого разрешения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) / А. С. Алексеев, А. А. Никифоров, А. А. Михайлова, М. Р. Вагизов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 215. – С. 6–18.
19. *Опыт* применения беспилотного летательного аппарата DJI Air 2S для формирования данных геоинформационного моделирования / А. Г. Булгакова, М. Р. Вагизов, Д. И. Елисеев, Р. Б. Борисов // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2022. – № 2(42). – С. 72–77.
20. *Кашковский В. Г., Плахова А. А.* Резервы производства экологически безопасной продукции пчеловодства в России // Современные проблемы производства и переработки продуктов животноводства: материалы III Междунар. науч.-практ. конф.. посвящ. 75-летию биол.-технол. фак. НГАУ. – Новосибирск, 2011. – С. 83–84.
21. *Папичев А. Ю.* Компьютерная программа «Пчела-1,0» // Пчеловодство. – 2003. - № 1. – С. 15–16.
22. *Фундаментальные* методы исследований в пчеловодстве и их результаты / В. Н. Саттаров, И. Д. Самсонова, И. А. Морев, Р. А. Ильясов. – Уфа: БГПУ им. М. Акмуллы, 2023. – 183 с.
23. *Дикорастущие* и культурные растения Новосибирской области в ландшафтной архитектуре / С. Х. Вышегуров, Е. В. Дымина, Н. В. Пономаренко [и др.]. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2017. – 388 с.
24. *Бирюля Н. М., Богомолов К. В.* Медоносные, лекарственные, декоративные растения естественной флоры Сибири, Урала и европейской части России. – Рязань: Обл. тип, 2017. – Т. 1. – 352 с.
25. *Пономарева Е. Г.* Кормовая база пчеловодства и опыление сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 1980. – 256 с.
26. *Медоносные* растения европейской части России и их пыльца / Н. И. Кривцов, А. П. Савин, С. С. Сокольский [и др.].– Рязань-Рыбное: ФГОУ ВПО РГАТУ, ГНУ НИИП, 2009. – 328 с.
27. *Комаров П. М., Глухов А. Ф.* Пчеловодство. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 784 с.

28. *Кашковский В. Г., Плахова А. А.* О методике определения медовых запасов // Пчеловодство. – 2013. – № 10. – С. 18–19.
29. *Кулаков В. Н.* Оценка медовой значимости регионов Российской Федерации (методика). – М.: Тип. Россельхозакадемии, 2012. – 10 с.
30. *Плахова А. А.* Индивидуальные различия у пчелиных семей по сбору обножки // Пчеловодство. – 2007. – № 1. – С. 48–49.
31. *Чекрыга Г. П., Плахова А. А.* Характеристика основных медоносов Западной Сибири по пыльцевой обножке, собранной *Apis mellifera*: монография. – Новосибирск: Ареал, 2018. – 156 с.
32. *Кулаков В. Н.* Медоносные ресурсы и перспективы развития пчеловодства Российской Федерации: автореф. дис….. д-р биол. наук. – М., 2012. – 44 с.
33. *Кулаков В. Н.* Структура медоносной базы Российской Федерации // Пчеловодство. – 2012. – № 3. – С. 31–32.
34. *Самсонова И. Д., Плахова А. А.* Зональные особенности биоэкологических свойств и медовой продуктивности видов семейства *Onagraceae* Juss. // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (63). – С. 97–103. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-149-155.
35. *Плахова А. А.* Освоение северных районов Западной Сибири для производства экологически безопасной продукции пчеловодства: автореф. дис. … д-ра биол. наук. – Владикавказ, 2019. – 27 с.
36. *Orbán L. L., Plowright C. M.* Radio Frequency Identification and motion-sensitive video efficiently automate recording of unrewarded choice behavior by bumblebees // J Vis Exp. – 2014. – Nov, Vol. 15:(93). – P. 52033. – DOI: 10.3791/52033; PMID: 25489677; PMCID: PMC4354050.
37. *Barlow S. E., O'Neill M. A.* Technological advances in fields tudies of pollinator ecology and the future of e-ecology // Curr Opin Insect Sci. – 2020. – Apr; Vol. 38. – P. 15–25. – DOI: 10.1016/j.cois.2020.01.008. Epub 2020 Jan 28; PMID: 32086017.
38. *Бармаз С., Поттс С. Г., Виги М.* Новый метод оценки рисков для опылителей от средств защиты растений с использованием медоносных пчел в качестве модельного вида // Экотоксикология. – 2010. – № 19. – С. 1347–1359. – https://doi.org/10.1007/s10646-010-0521-0.
39. *Rahimi E., Barghjelveh S. Dong P.* Estimating landscape structure effects on pollination for management of agricultural landscapes // Ecol Process. –2021. – Vol. 10. – P. 59. – https://doi.org/10.1186/s13717-021-00331-3.
40. *Ильясов Р. А., Поскряков А. В., Николенко А. Г.* Современные методы оценки таксономической принадлежности семей пчел // Экологическая генетика. – 2017. – Т. 15, № 4. – С. 41–51. https://doi.org/10.17816/ecogen15441-51.
41. *Локальные* популяции *Apis mellifera mellifera* L. на Урале / Р. А. Ильясов, А. В. Поскряков, А. В. Петухов, А. Г. Николенко // Генетика. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 855–858. –https://doi.org/10.1134/S1022795407060166.
42. *Пчеловодство* / Н. И. Кривцов, Р. Б. Козин, В. И. Лебедев, В. И. Масленникова – СПб.: Лань, 2010. – 448 с.
43. *Кашковский В. Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Киев: Книгоноша, 2019. – 424 с.
44. *Ecology* and biological resources of melliferous plants in the Vasyugan Plain and their importance for the Arctic belt / V.G. Kashkovskii, A.A. Plakhova, I.V. Moruzi [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. – 2019. – Vol. 7, Special Issue 1. – P. 50–59.
45. *Кашковский В. Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2018. – 414 с.
46. *Бурмистров А. Н., Никитина В. А.* Медоносные растения и их пыльца. – М.: Госагропромиздат, 1990. – 192 с.
47. *Атлас* пыльцевых зерен (Pollen atlas) / И. В. Карпович, Е. С. Дребезгина, Е. Н. Еловикова [и др.]. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2015. – 318 с.
48. *Aguirre A., Dirzo R.* Effects of fragmentation on pollinator abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest // Biol Conserv. – 2008. – Vol. 141(2). – P. 375–384.
49. *Distance* from forest edge affects bee pollinators in oilseed rape fields / S. Bailey, F. Requier, B. Nusillard [et al.] // Ecol Evol. – 2014. – Vol. 4 (4). – P. 370–380.

50. *Temperate* agroforestry systems and insect pollinators: a review / G. Bentrup, J. Hopwood, N. L. Adamson, M. Vaughan // Forests. – 2019. – Vol. 10(11). – P. 981.
51. *Самсонова И. Д., Саттаров В. Н.* Ресурсный потенциал угодий для медосбора степного Придонья. – Воронеж, 2021. – 210 с.
52. *Кашковский В. Г., Чекрыга Г. П., Плахова А. А.* Мед и оценка его качества. – Новосибирск: Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2012. – 35 с.
53. *Impact* of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests / V. Boreux, S. Krishnan, K. G. Cheppudira, J. Ghazoul // Agric Ecosyst Environ. – 2013. – Vol. 172. – P. 42–48.
54. *Bravo-Monroy L., Tzanopoulos J., Potts S. G.* Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia // Agric Ecosyst Environ. – 2015. – Vol. 211. – P. 145–154.

REFERENCES

1. Savin A.P., *Pchelovodstvo*, 2003, No. 9, pp. 13–15. (In Russ.)
2. Samsonova I.D., *Pchelovodstvo*, 2011, No. 7, pp. 22–23. (In Russ.)
3. Safiullin R.F., Savin A.P., *Pchelovodstvo*, 2010, No. 5, pp. 13–15. (In Russ.)
4. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera L.* (Maintenance and breeding of honey bees Apis mellifera L.), Saint-Petersburg: Sankt-Peterburgskij filial FGUP «Izd-vo nauka», 2021, 423 p.
5. Cattarov V.N., *Pchelovodstvo*, 2009, No. 6, pp. 13–15. (In Russ.)
6. Zemskova N.E., Mel'nikova E.N., Sattarov V.N., *Pchelovodstvo*, 2022, No. 10, pp. 16–17. (In Russ.)
7. Ulugov O.P., Sharipov A., Sattarov V.N., *XII Lomonosovskie chtenija* (XII Lomonosov readings), Materials of the International Scientific and Practical Conference, Dushanbe, 2022, pp. 359–363. (In Russ.)
8. Vassilev K.V., Assenov A.I., Velev N.I., Grigorov B.G., Borissova B.B., Distribution, Characteristics and Ecological Role of Protective Forest Belts in Silistra Municipality, Northeastern Bulgaria, *Ecologia Balcanica*, 2019, Vol. 11, Issue 1, pp. 191–204.
9. Szczurek A, Maciejewska M, Batog P., Monitoring System Enhancing the Potential of Urban Beekeeping, *Applied Sciences*, 2023, Vol. 13 (1), pp. 597, https://doi.org/10.3390/app13010597.
10. Samsonova I.D., Do V.T., Plahova A.A., *Ocenka medonosnyh rastenij berezнjakov i resursnyj potencial lesnyh ugodij dlja medosbora Leningradskoj oblasti* (Assessment of honey-bearing plants of birch forests and the resource potential of forest lands for the honey collection of the Leningrad region), Novosibirsk: Zolotoj kolos, 2021, 198 p.
11. Hisamov R.R., Farhutdinov R.G., Tashbulatov R.K., Kulagin A.A., *Vestnik Udmurtskogo universiteta*, 2014, No. 2, pp. 41–49. (In Russ.)
12. Gluhov M.M., *Medonosnye rastenija* (Honey plants), Moscow: Kolos, 1974, 304 p.
13. Butov A. G., Zotov V. A., Kalinichenko I. M., *Jenciklopedija Pchela medonosnaja Apis mellifera* L. (Encyclopedia Honey bee *Apis mellifera* L.), Moscow: OAO «Moskovskie uchebniki i Kartolitografija», 2005, 480 p.
14. Alekseev A. S., Chernihovskij D. M., *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie. Materialy VI Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii* (Forests of Russia: politics, industry, science, education. Materials of the VI All-Russian Scientific and Technical Conference.), Sankt-Peterburg, 2021, pp. 19–22. (In Russ.)
15. Chudakov V. G., *Tehnologija produktov pchelovodstva* (Technology of bee product, Moscow: Kolos, 1979, 160 p.
16. Osinceva L. A., *Tehnologija, standartizacija, pokazateli kachestva i bezopasnosti produkcii pchelovodstva* (Technology, standardization, quality and safety indicators of beekeeping products), Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoj kolos», 2020, 409 p.
17. Grancon M. Je., *Chto my znaem o mede*? (What do we know about honey?), Novosibirsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1991, 12 p.
18. Alekseev A. S., Nikiforov A. A., Mihajlova A. A., Vagizov M. R., *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotehnicheskoj akademii*, 2016, No. 215, pp. 6–18. (In Russ.)
19. Bulgakova A. G., Vagizov M. R., Eliseev D. I., Borisov R. B., *Informacionnye tehnologii i sistemy: upravlenie, jekonomika, transport, parvo*, 2022, No. 2 (42), pp. 72–77. (In Russ.)

20. Kashkovskij V. G., Plahova A. A. ‚*Sovremennye problemy proizvodstva i pererabotki produktov zhivotnovodstva* (Modern problems of production and processing of animal products), materials of the III interscientific-practical conference dedicated to the 75th anniversary of biol.-tech. faculty of NGAU, Novosibirsk, 2011, pp. 83–84. (In Russ.)
21. Papichev A. Ju. *Pchelovodstvo*, 2003, No. 1, pp. 15–16. (In Russ.)
22. Sattarov V. N., Samsonova I. D., Morev I. A., Il'jasov R. A. *Fundamental'nye metody issledovanij v pchelovodstve i ih rezul'taty* (Fundamental research methods in beekeeping and their results), Ufa: BGPU im. M. Akmully. – 2023, 183 p.
23. Vyshegurov S. H., Dymina E. V., Ponomarenko N. V., Ovchinnikova L. V., *Dikorastushhie i kul'turnye rastenija Novosibirskoj oblasti v landshaftnoj arhitekture* (Wild and cultivated plants of the Novosibirsk region in landscape architecture), Novosibirsk: IC NGAU «Zolotoj kolos», 2017, 388 p.
24. Birjulja N. M., Bogomolov K. V., *Medonosnye, lekarstvennye, dekorativnye rastenija estestvennoj flory Sibiri, Urala i evropejskoj chasti Rossii* (Honey-bearing, medicinal, ornamental plants of the natural flora of Siberia, the Urals and the European part of Russia), Ryazan: Obl. tip, 2017, T. 1, 352 p.
25. Ponomareva E. G., *Kormovaja baza pchelovodstva i opylenie sel'skohozjajstvennyh rastenij* (Fodder base of beekeeping and pollination of agricultural plants), Moscow: Kolos, 1980, 256 p.
26. Krivcov N. I., Savin A. P., Sokol'skij S. S., Polevova S. V., Bilash N. G., Dokukin Ju. V., *Medonosnye rastenija evropejskoj chasti Rossii i ih pyl'ca* (Honey plants of the European part of Russia and their pollen), Ryazan-Rybnoye: FGOU VPO RGATU, GNU NIIP, 2009, 328 p.
27. Komarov P. M., Gluhov A. F., *Pchelovodstvo* (Beekeeping), Moscow: Sel'hozgiz, 1937, 784 p.
28. Kashkovskij V. G., Plahova A. A., *Pchelovodstvo*, 2013, No. 10, pp. 18–19. (In Russ.)
29. Kulakov V. N., *Ocenka medovoj znachimosti regionov Rossijskoj Federacii* (Assessment of the honey significance of the regions of the Russian Federation), Moscow: tipografija Rossel'hozakademii, 2012, 10 p.
30. Plahova A. A., *Pchelovodstvo*, 2007, No. 1, pp. 48–49. (In Russ.)
31. Chekryga G. P., Plahova A. A., *Harakteristika osnovnyh medonosov Zapadnoj Sibiri po pyl'cevoj obnozhki, sobrannoj Apis mellifera* (Characteristics of the main honey plants of Western Siberia by pollen pollen collected by Apis mellifera), Novosibirsk: OOO «Areal», 2018, 156 p.
32. Kulakov V. N., *Medonosnye resursy i perspektivy razvitija pchelovodstva Rossijskoj Federacii* (), avtoref. dis….. dok. biol. Nauk, Moscow, 2012, 44 p.
33. Kulakov V. N., *Pchelovodstvo,* 2012, No. 3, pp. 31–32. (In Russ.)
34. Camsonova I. D., Plahova A. A., *Vestnik NGAU (Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta)*, 2022, No. 2 (63), pp. 97–103, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-59-2-149-155. (In Russ.)
35. Plahova A. A., *Osvoenie severnyh rajonov Zapadnoj Sibiri dlja proizvodstva jekologicheski bezopasnoj produkcii pchelovodstva* (), Vladikavkaz, 2019, 27 p.
36. Orbán L.L., Plowright C.M., Radio Frequency Identification and motion-sensitive video efficiently automate recording of unrewarded choice behavior by bumblebees, *J Vis Exp*, 2014, Nov, Vol. 15 (93), pp. 52033, DOI: 10.3791/52033.
37. Barlow S.E., O'Neill M.A., Technological advances in fields tudies of pollinator ecology and the future of e-ecology, *Curr Opin Insect Sci*, 2020, Apr, Vol. 38, pp.15–25, DOI: 10.1016/j.cois.2020.01.008.
38. Barmaz S., Potts S.G., Vigi M., *Jekotoksikologija*, 2010, Vol. 19, pp. 1347–1359, https://doi.org/10.1007/s10646-010-0521-0. (In Russ.)
39. Rahimi E., Barghjelveh S., Dong P., Estimating landscape structure effects on pollination for management of agricultural landscapes, *Ecol Process*, 2021, Vol. 10, pp. 59, https://doi.org/10.1186/s13717-021-00331-3.
40. Il'jasov R. A., Poskrjakov A. V., Nikolenko A. G., *Jekologicheskaja genetika*, 2017, T. 15, No. 4, pp. 41–51, https://doi.org/10.17816/ecogen15441-51. (In Russ.)
41. Il'jasov R. A., Poskrjakov A. V., Petuhov A. V., Nikolenko A. G., *Genetika*, 2007, T. 43, No. 6, pp. 855–858, https://doi.org/10.1134/S1022795407. (In Russ.)
42. Krivcov N. I., Kozin R. B., Lebedev V. I., Maslennikova V. I., *Pchelovodstvo* (Beekeeping), Saint-Petersburg: Lan', 2010, 448 p.
43. Kashkovskij V. G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Kiev: Knigonosha, 2019, 424 p.

44. Kashkovskii V. G., Plakhova A. A., Moruzi I.V., Tokarev V. S., Kropachev D. V., Ecology and biological resources of melliferous plants in the Vasyugan Plain and their importance for the Arctic belt, *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2019, Vol. 7, Special Issue 1, pp. 50–59.
45. Kashkovskij V. G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees Apis mellifera L.), Novosibirsk: Pechatnoe izdatel'stvo Agro-Sibir', 2018, 414 p.
46. Burmistrov A. N., Nikitina V. A., *Medonosnye rastenija i ih pyl'ca* (Honey plants and their pollen), Moscow: Gosagropromizdat, 1990, 192 p.
47. Karpovich I. V., Drebezgina E. S., Elovikova E. N., Legotkina G. I., *Atlas pyl'cevyh zeren (Pollen atlas)* (Atlas of pollen grains (Pollen atlas)), Ekaterinburg: Ural'skij rabochij, 2015, 318 p.
48. Aguirre A., Dirzo R., Effects of fragmentation on pollinator abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest, Biol Conserv, 2008, Vol. 141 (2), pp. 375–384.
49. Bailey S., Requier F., Nusillard B., Roberts S.P., Potts S.G., Bouget C., Distance from forest edge affects bee pollinators in oilseed rape fields, Ecol Evol, 2014, Vol. 4 (4), pp. 370–380.
50. Bentrup G., Hopwood J., Adamson N.L., Vaughan M., Temperate agroforestry systems and insect pollinators: a review, *Forests*, 2019, Vol. 10 (11), pp. 981.
51. Samsonova I. D., Sattarov V. N., Ресурсный потенциал угодий для медосбора степного Придонья Voronezh, 2021, pp. 210. (In Russ.)
52. Kashkovskij V. G., Chekryga G. P. Plahova A. A., *Med i ocenka ego kachestva* (Honey and its quality assessment), Novosibirsk: Novosib. gos. agrar. un-t, 2012, 35 p.
53. Boreux V., Krishnan S., Cheppudira K.G., Ghazoul J., Impact of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests, *Agric Ecosyst Environ*, 2013, Vol. 172, – pp. 42–48.
54. Bravo-Monroy L., Tzanopoulos J., Potts S.G., Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia, *Agric Ecosyst Environ*, 2015, 211, pp.145–154.

УДК 636.082:636.085:577.17
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-286-293

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛЬЦИЯ В ШЕРСТИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕРМЫ

И.И. Слепцов, кандидат экономических наук, научный сотрудник
С.А. Мирошников, доктор биологических наук, профессор
А.Н. Фролов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия
E-mail: forleh@mail.ru

Ключевые слова: голштинская порода, быки-производители, шерсть, элементный состав, кальций, сперма.

Реферат. *Химические элементы, являясь структурными компонентами тела, влияют на физиологические процессы и функции организма, рост, продуктивные и репродуктивные качества, резистентность и др. В связи с этим целью настоящего исследования являлась оценка влияния различных концентраций кальция в шерсти быков–производителей голштинской породы на качественные характеристики спермы. Исследования проведены в условиях Ленинградской и Вологодской областей на быках–производителях голштинской породы в возрасте 3–5 лет (n = 40). Концентрацию кальция в шерсти определяли методами атомно–эмиссионной и масс–спектрометрии (АЭС–ИСП и МС–ИСП). По результатам этого анализа и сопоставления с ранее разработанными референсными интервалами нами было сформировано 4 группы быков–производителей: 1-я – уровень концентрации кальция меньше 25-го процентиля, 2-я и 4-я – в границах 25–75-го процентилей (физиологическая норма 1597–2926 мг/кг) и 3-я – больше 75-го процентиля. По результатам такого распределения концентрация кальция в шерсти животных 2-й группы была выше на 75,9 % по сравнению с 1-й, в свою очередь, особи 4-й группы превосходили 3-ю на 27,9 %. По результатам оценки качественных характеристик спермы установлено, что в группе быков–производителей с уровнем кальция в границах ранее разработанных референсных интервалов была выше концентрация сперматозоидов на 15,3 % а их активность – на 0,17 балла в свежей сперме по сравнению с группой со сниженным его уровнем (ниже 25-го процентиля). Высокое содержание кальция (выше 75-го процентиля) в шерсти способствовало снижению концентрации сперматозоидов на 9,0 % по сравнению с нормальными его значениями. Таким образом, концентрация кальция, оцененная по уровню ее в шерсти, влияет на концентрацию и активность сперматозоидов. Необходимо проводить систематическую его оценку для повышения качественных характеристик спермы.*

EVALUATION OF THE EFFECT OF CALCIUM CONCENTRATION IN THE WOOL OF SIRES ON SEMEN QUALITY CHARACTERISTICS

I.I. Sleptsov, PhD in Economic Sciences, Researcher
S.A. Miroshnikov, Doctor of Biological Sciences, Professor
A.N. Frolov, Doctor of Biological Sciences, Leading researcher
Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia
E-mail: forleh@mail.ru

Keywords: Holstein breed, sires, wool, elemental composition, calcium, sperm.

Abstract. *Chemical elements, as structural components of the body, influence physiological processes and functions of the organism, growth, productive and reproductive traits, resistance and others. In this regard, the present study aimed to evaluate the effect of different calcium concentrations in the wool of Holstein sires on the semen quality characteristics. The studies were conducted in conditions of Leningrad and Vologda regions on Holstein sires, 3–5 years old (n=40). Calcium concentration in wool was determined by atomic emission and mass spectrometry (AES–ICP and MS–ICP). According to the results of this analysis and comparison with previously developed reference intervals, we formed four groups of sires: I – level of Ca concentration less than 25th percentile, II and IV – within 25–75th percentile (physiological norm: 1597–2926 mg/kg) and III – more than 75th percentile. As a result of this distribution, the Ca concentration in the wool of animals of Group II was higher by 75.9 % compared to Group I; in turn, individuals of Group IV exceeded Group III – by 27.9 %.*

According to the results of semen quality characteristics evaluation, it was found that in the group of sires with Ca level within the previously developed reference intervals, the concentration of spermatozoa was higher by 15.3 % and their activity – by 0.17 points in fresh semen in comparison with the group with its reduced level (below the 25th percentile). High Ca content (above the 75th percentile) in wool contributed to a 9.0% decrease in the concentration of spermatozoa compared to its average values. Thus, the calcium concentration, assessed by its level in the fur, affects the concentration and activity of sperm. It is necessary to evaluate it to improve the quality characteristics of sperm systematically.

Минеральные вещества оказывают большое влияние на репродуктивную функцию животных. Это связано с тем, что химические элементы являются структурными компонентами тела и играют жизненно важную роль в деятельности ферментов и гормонов, входящих в состав жидкостей и тканей организма. Дефицит, дисбаланс и токсичность некоторых химических элементов приводят к нарушениям воспроизводительной функции животных [1, 2].

Одним из важных химических элементов, влияющих на качественные характеристики спермы, является кальций, концентрация его в организме связана с емкостью, капацитацией [3], подвижностью и созреванием сперматозоидов, [4, 5], криозащитным потенциалом [6], акросомной реакцией [7].

По мере развития науки о кормлении сельскохозяйственных животных становится очевидным, что дальнейшим этапом развития этого направления станет контроль и оптимизация поступления минеральных веществ с помощью методов оценки их метаболизма в организме, включающих определение элементного состава в отдельных биосубстратах, одним из которых, широко используемых для этих целей, является семенная жидкость [8]. Однако оценка концентрации кальция в данном биосубстрате показывает свою неинформативность и приводит к противоречивым данным. Так, одни исследователи связывают низкие концентрации ионизированного кальция со снижением подвижности сперматозоидов [9, 10], другие не находят никакой связи [11–13], третьи отмечают отрицательную связь [14].

В этой связи перспективным неинвазивным биосубстратом может стать шерсть [15] концентрация кальция в которой коррелирует с количественными характеристиками спермы [16–18].

Целью данного исследования являлась оценка влияния различных концентраций кальция в шерсти быков–производителей голштинской породы на качественные характеристики спермы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в условиях Ленинградской и Вологодской областей на быках–производителях голштинской породы, от которых получали сперму (n = 40). Возраст быков в период отбора образцов составлял 3–5 лет. Все рационы кормления для быков–производителей соответствовали рекомендуемым нормам для данной половозрастной группы, живой массы, нагрузки [19].

Сбор образцов спермы для анализа производился однократно – утром. Оцениваемые показатели: объем эякулята (мл); концентрация сперматозоидов (млрд/мл); активность сперматозоидов (баллов); количество замороженных доз (шт.) в среднем за месяц, предшествующий отбору шерсти; количество брака.

Отбор образцов шерсти у быков–производителей проводили сразу же после отбора спермы при помощи беспроводной машинки Heiniger Saphir (Швейцария). Элементный состав шерсти определяли методами атомно–эмиссионной и масс–спектрометрии (АЭС–ИСП и МС–ИСП) в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва (Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017 – 5.04.06) по 25 показателям (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn).

Результаты определения концентраций химических элементов в шерсти сравнивались с ранее установленными референсными интервалами, 25–75-й процентили которых составляли 1597–2926 мг/кг [20]. По результатам этого анализа нами был обнаружен как дефицит, так и избыток кальция в исследуемый выборке быков–производителей. На основании этого нами были сформированы 4 опытные группы (табл. 1).

Таблица 1

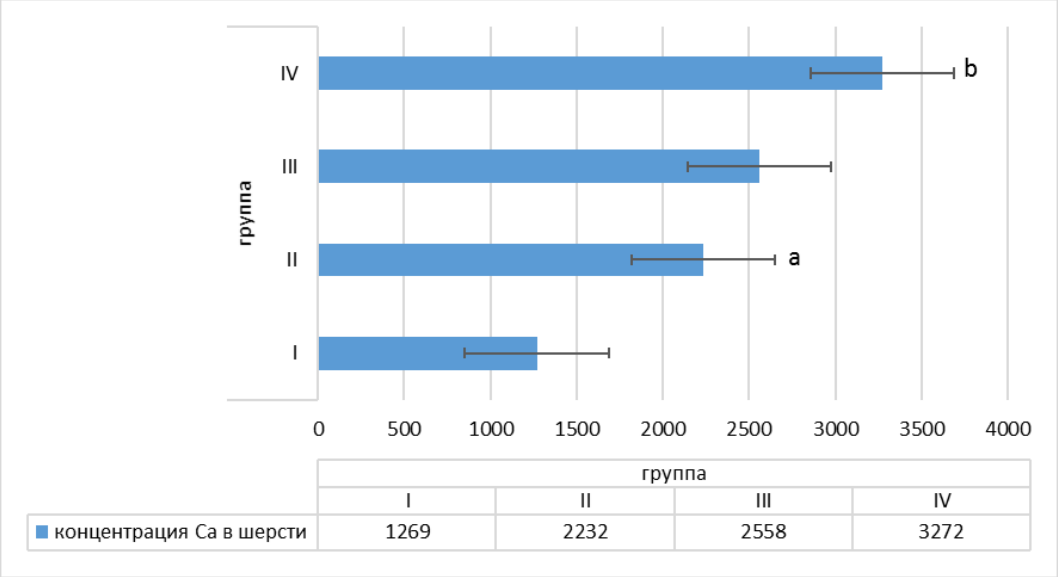
Схема исследования
Research scheme

Регион разведения	Группа	Биосубстрат	Концентрация кальция	Количество голов
Вологодская область	1-я	Шерсть	Меньше нормы (<25-го процентиля, <1597 мг/кг)	4
	2-я	Шерсть	В норме (25–75-й процентиль, 1597–2926 мг/кг)	16
Ленинградская область	3-я	Шерсть	Выше нормы (>75-го процентиля, > 2926 мг/кг)	9
	4-я	Шерсть	В норме (25–75-й процентиль,1597–2926 мг/кг)	11

Все статистические анализы выполнены с использованием программ Microsoft Excel 2016 (формирование базы данных) и Statistica 10.0. (обработка данных). Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался меньшим или равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фактические значения концентраций кальция в шерсти быков-производителей в разрезе сформированных групп представлены на рис. 1.



Примечание. a – разница достоверна при P≤0,01 (1-я группа относительно 2-й); b – разница достоверна при P≤0,01 (3-я группа относительно 4-й)

Note. a – the difference is significant at P≤0.01 (group 1 relative to group 2); b – the difference is significant at P≤0.01 (group 3 close to group 4)

Рис. 1. Концентрация кальция в шерсти быков-производителей подопытных групп
Calcium concentration in the wool of experimental bulls

В шерсти быков–производителей 2-й группы концентрация кальция была выше на 75,9 % (P≤0,01) по сравнению с 1-й, в свою очередь, особи 4-й группы превосходили 3-ю на 27,9 % (P≤0,01).

Анализ качественных характеристик спермы в разрезе сформированных групп выявил значительные различия по некоторым из них (рис. 2, 3).

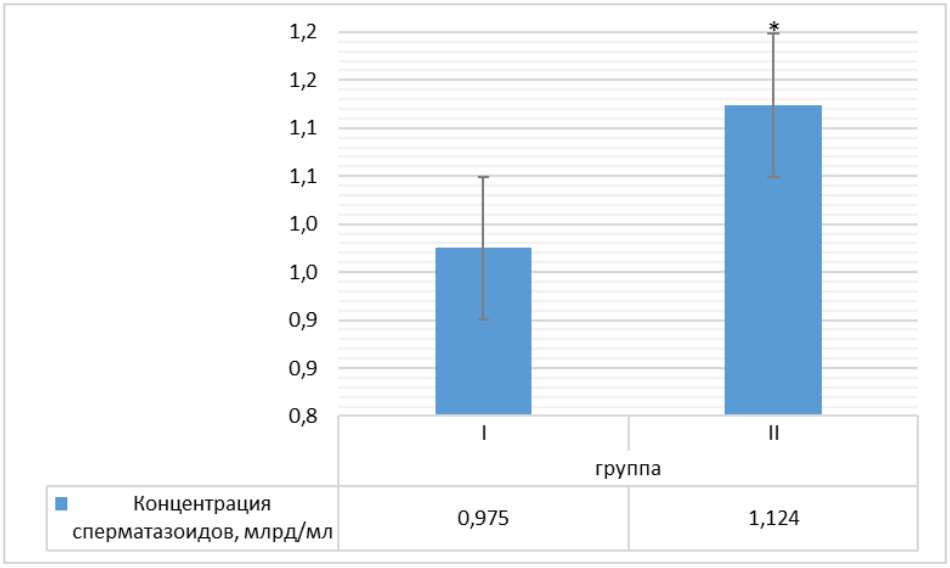


Рис. 2. Концентрация сперматозоидов в свежей сперме быков-производителей голштинской породы, разводимых в Вологодской области, в зависимости от уровня кальция в шерсти

Concentration of sperm in fresh semen of Holstein bulls bred in the Vologda region, depending on the level of calcium in the wool

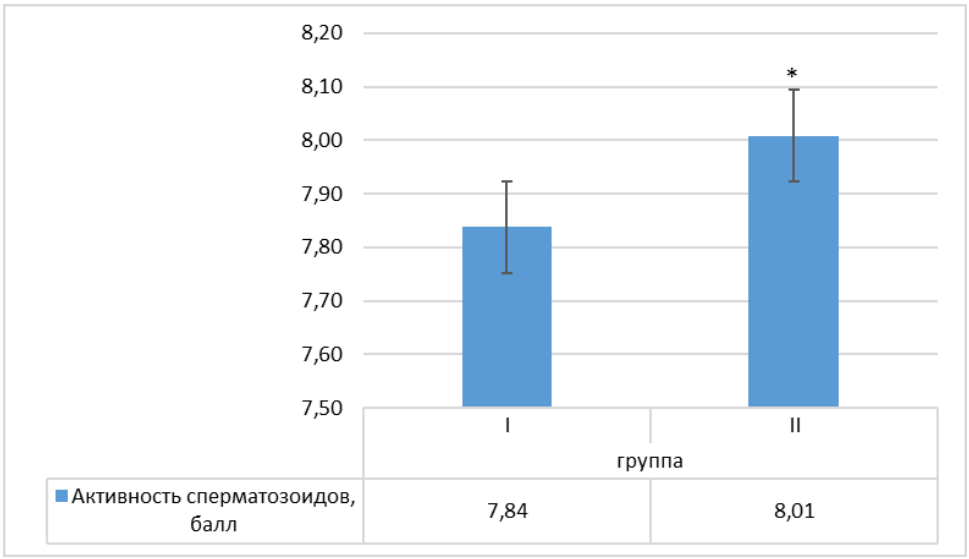


Рис. 3. Активность сперматозоидов в свежей сперме быков–производителей голштинской породы, разводимых в Вологодской области, в зависимости уровня кальция в шерсти

Sperm activity in fresh semen of Holstein bulls bred in the Vologda region, depending on the level of calcium in wool

Так, в группе быков-производителей с уровнем кальция в границах предложенных референсных интервалов концентрация сперматозоидов была выше на 15,3 % ($P \leq 0,001$), а активность – на 0,17 балла ($P \leq 0,05$) в свежей сперме по сравнению с группой со сниженным его уровнем (ниже 25-го процентиля). Таким образом, низкие концентрации кальция в шерсти быков-производителей ассоциируются со сниженной активностью и концентрацией сперматозоидов в свежей сперме. Выявленная в нашем исследовании связь концентрации и активности сперматозоидов с уровнем кальция согласуется с ранее полученными результатами на человеке [21]. Это связано с тем, что кальций важен для механизма сокращения хвостика (жгутика) сперматозоида, а изменения концентрации ионов кальция связаны с различными аспектами дисфункции сперматозоидов, такими как их подвижность [22].

В дальнейшем нами изучено влияние высоких концентраций кальция (рис. 4).

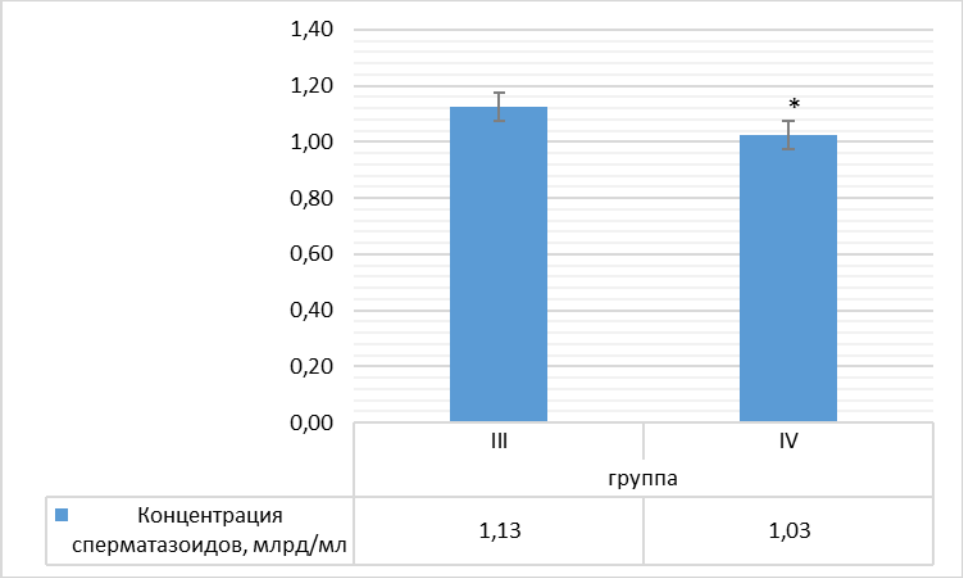


Рис. 4. Концентрация сперматозоидов в свежей сперме быков–производителей голштинской породы, разводимых в Ленинградской области, в зависимости уровня кальция в шерсти

Concentration of sperm in fresh semen of Holstein bulls bred in the Leningrad region, depending on the level of calcium in wool

В нашем исследовании единственным показателем, на который повлияло высокое содержание кальция, явилась концентрация сперматозоидов, которая снизилась в 4-й группе на 8,98 % ($P \leq 0,05$). Подтверждением полученных нами данных может являться исследование на родительском поголовье бройлеров, которое показало негативное влияние повышенных концентраций кальция в кормлении петушков рационами кур–несушек, которое приводит к сокращению периода оплодотворения и снижению концентрации сперматозоидов и функции яичек [23].

ВЫВОДЫ

1. Метод определения концентрации кальция в шерсти быков–производителей является важным инструментом оценки качественных характеристик спермы.

2. Определение концентрации кальция в шерсти и сопоставление с референсными интервалами позволяет выявлять животных с дефицитом или избытком этого элемента и в дальнейшем проводить соответствующую коррекцию рациона.

3. Концентрация кальция в шерсти ниже 1597 мг/кг ассоциирована со снижением концентрации сперматозоидов на 15,3 % и их активности – на 0,2 балла.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2019–2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761–2019–0006).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Mineral* nutrition and reproductive performance of the dairy animals: a review / M.C. Sharma, C. Joshi, G. Das, K. Hussain // Indian J. Anim. Sci. – 2007. – Vol. 77. – P. 599–608.
2. *Стрижкова М.В., Коновалова Т.В., Короткевич О.С.* Содержание макроэлементов в сыворотке крови животных черно–пестрой породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 4 (45). – С. 75–82.
3. *Fraser L.R.* Minimum and maximum extracellular Ca2+ requirements during mouse sperm capacitation and fertilization in vitro // J Reprod Fertil. – 1987. – Sep, Vol. 81 (1). – P. 77–89. – DOI: 10.1530/jrf.0.0810077.

4. *The impact* of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men / W.Y. Wong, G. Flik, P.M. Groenen [et al.] // Reprod Toxicol. – 2001. – Mar–Apr, Vol. 15 (2). – P. 131–136. – DOI: 10.1016/s0890–6238(01)00113–7.
5. *Marzec–Wróblewska U., Kamiński P., Lakota P.* Influence of chemical elements on mammalian spermatozoa. Folia Biol (Praha). – 2012. – Vol. 58 (1). – P. 7–15.
6. *Role* of cholesterol, calcium, and mitochondrial activity in the susceptibility for cryodamage after a cycle of freezing and thawing / M. Meseguer, N. Garrido, J.A. Martínez–Conejero [et al.] // Fertil Steril. – 2004. – Mar, Vol. 81 (3). – P. 588–594. – DOI: 10.1016/j.fertnstert.2003.09.035.
7. *An overview* on role of some trace elements in human reproductive health, sperm function and fertilization process / M. Mirnamniha, F. Faroughi, E. Tahmasbpour [et al.] // Rev Environ Health. – 2019. – Dec 18, Vol. 34 (4). – P. 339–348. – DOI: 10.1515/reveh–2019–0008.
8. *Determination* of trace elements in bovine semen samples by inductively coupled plasma mass spectrometry and data mining techniques for identification of bovine class / G.F. Aguiar, B.L. Batista, J.L. Rodrigues [et al.] // J Dairy Sci. – 2012. – Dec, Vol. 95 (12). – P. 7066–7073. – DOI: 10.3168/jds.2012–5515.
9. *Banjoko S.O., Adeseolu F.O.* Seminal Plasma pH, Inorganic Phosphate, Total and Ionized Calcium Concentrations In The Assessment of Human Spermatozoa Function // J Clin Diagn Res. – 2013. – Nov, Vol. 7 (11). – P. 2483–2486. – DOI: 10.7860/JCDR/2013/6194.3585.
10. *Seminal* concentssrations of total and ionized calcium from men with normal and decreased motility / S.D. Prien, C.D. Lox, R.H. Messer, F.D. DeLeon // Fertil Steril. – 1990. – Jul, Vol. 54 (1). – P. 171–172.
11. *Thomas P., Meizel S.* An influx of extracellular calcium is required for initiation of the human sperm acrosome reaction induced by human follicular fluid // Gamete Res. – 1988. – Aug, Vol. 20 (4). – P. 397–411. – DOI: 10.1002/mrd.1120200402.
12. *Zinc*, magnesium and calcium in human seminal fluid: relations to other semen parameters and fertility / M.B. Sørensen, I.A. Bergdahl, N.H. Hjøllund [et al.] // Mol Hum Reprod. – 1999. – Apr, Vol. 5 (4). – P. 331–337. – DOI: 10.1093/molehr/5.4.331.
13. *The impact* of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men / W.Y. Wong, G. Flik, P.M.W. Groenen [et al.] // Reproductive Toxicology. – 2001. – Vol. 15 (2). – P. 131–136. – https://doi.org/10.1016/S0890–6238(01)00113–7.
14. *Elemental* composition of human semen is associated with motility and genomic sperm defects among older men / T.E. Schmid, P.G. Grant, F. Marchetti [et al.] // Hum Reprod. – 2013. – Jan, Vol. 28 (1). – P. 274–282. – DOI: 10.1093/humrep/des321.
15. *Relationship* between trace elements status in mane hair and atrial fibrillation in horse / K. Asano, K. Suzuki, M. Chiba [et al.] // J Vet Med Sci. – 2006. – Jul, Vol. 68 (7). – P. 769–771. – DOI: 10.1292/jvms.68.769.
16. *Фролов А.Н., Завьялов О.А., Харламов А.В.* Взаимосвязь уровня концентраций химических элементов в шерсти с количественными и качественными характеристиками семени у быков производителей голштинской породы // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 11. – С. 91–95. – DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2022i11pp91–95.
17. *Качество* спермы быков красных пород ОАО племпредприятие «Барнаульское» и устойчивость её к криоконсервации / А.И. Желтиков, Т.В. Коновалова, О.И. Себежко, В.В. Ильин, П.Н. Пальчиков, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, М.В. Стрижкова, О.А. Зайко, В.Г. Маренков, К.Н. Нарожных // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1 (58). – С. 92–100. – DOI: 10.31677/2072–6724–2021–58–1–92–100.
18. *Оценка* быков–производителей черно–пестрой породы по качеству спермопродукции / А.И. Желтиков, О.С. Короткевич, В.В. Вастьянов, Е.В. Камалдинов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2010. – № 1 (13). – С. 26–29.
19. *Нормы* и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. – 3–е изд., перераб. и доп. / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
20. *Фролов А.Н., Завьялов О.А., Харламов А.В.* Референсные интервалы концентраций химических элементов в шерсти быков–производителей голштинской породы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 100. – С. 286–292. – DOI: 10.21515/1999–1703–100–286–292.

21. *Banjoko S.O., Adeseolu F.O.* Seminal Plasma pH, Inorganic Phosphate, Total and Ionized Calcium Concentrations In The Assessment of Human Spermatozoa Function // J Clin Diagn Res. – 2013. – Nov, Vol. 7 (11). – P. 2483–2486. – DOI: 10.7860/JCDR/2013/6194.3585.
22. *The rate* of change in Ca(2+) concentration controls sperm chemotaxis / L. Alvarez, L. Dai, B.M. Friedrich [et al.] // J Cell Biol. – 2012. – Mar 5, Vol. 196 (5). – P. 653–563. – DOI: 10.1083/jcb.201106096.
23. *Tyler N.C., Namntu M., Ciacciariello M.* Research Note: The effect of crude protein and calcium intake on fertility of male broiler breeders // Poult Sci. – 2021. – Sep, Vol. 100 (9). – P. 101284. – DOI: 10.1016/j.psj.2021.101284.

REFERENCES

1. Sharma M.C., Joshi C., Das G., Hussain K., Mineral nutrition and reproductive performance of the dairy animals: a review, *Indian J. Anim. Sci*., 2007, Vol. 77, pp. 599–608.
2. Strizhkova M.V., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2017, No. 4 (45), pp. 75–82. (In Russ.))
3. Fraser LR., Minimum and maximum extracellular Ca2+ requirements during mouse sperm capacitation and fertilization in vitro, *J Reprod Fertil*, 1987, Sep, Vol. 81 (1), pp. 77–89, DOI: 10.1530/jrf.0.0810077.
4. Wong W.Y., Flik G., Groenen P.M., Swinkels D.W., Thomas C.M., Copius–Peereboom J.H., Merkus H.M., Steegers–Theunissen R.P., The impact of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men, *Reprod Toxicol*., 2001, Mar–Apr, Vol. 15 (2), pp. 131–136, DOI: 10.1016/s0890–6238(01)00113–7.
5. Marzec–Wróblewska U., Kamiński P., Lakota P., Influence of chemical elements on mammalian spermatozoa, *Folia Biol (Praha)*, 2012, Vol. 58 (1), pp. 7–15.
6. Meseguer M., Garrido N., Martínez–Conejero J.A., Simón C., Pellicer A., Remohí J., Role of cholesterol, calcium, and mitochondrial activity in the susceptibility for cryodamage after a cycle of freezing and thawing, *Fertil Steril*., 2004, Mar, Vol. 81 (3), pp. 588–594, DOI: 10.1016/j.fertnstert.2003.09.035.
7. Mirnamniha M., Faroughi F., Tahmasbpour E., Ebrahimi P., Beigi Harchegani A., An overview on role of some trace elements in human reproductive health, sperm function and fertilization process, *Rev Environ Health*, 2019, Dec. 18, Vol. 34 (4), pp. 339–348, DOI: 10.1515/reveh–2019–0008.
8. Aguiar G.F., Batista B.L., Rodrigues J.L., Silva L.R., Campiglia A.D., Barbosa R.M., Barbosa F.Jr., Determination of trace elements in bovine semen samples by inductively coupled plasma mass spectrometry and data mining techniques for identification of bovine class, *J Dairy Sci*, 2012, Dec, Vol. 95 (12), pp. 7066–7073, DOI: 10.3168/jds.2012–5515.
9. Banjoko S.O., Adeseolu F.O., Seminal Plasma pH, Inorganic Phosphate, Total and Ionized Calcium Concentrations In The Assessment of Human Spermatozoa Function, *J Clin Diagn Res*, 2013, Nov, Vol. 7 (11), pp. 2483–2486, DOI: 10.7860/JCDR/2013/6194.3585.
10. Prien S.D., Lox C.D., Messer R.H., DeLeon F.D., Seminal concentssrations of total and ionized calcium from men with normal and decreased motility, *Fertil Steril*, 1990, Jul, Vol. 54 (1), pp. 171–172.
11. Thomas P., Meizel S., An influx of extracellular calcium is required for initiation of the human sperm acrosome reaction induced by human follicular fluid, *Gamete Res*, 1988, Aug, Vol. 20 (4), pp. 397–411, DOI: 10.1002/mrd.1120200402.
12. Sørensen M.B., Bergdahl I.A., Hjøllund N.H., Bonde J.P., Stoltenberg M., Ernst E,. Zinc, magnesium and calcium in human seminal fluid: relations to other semen parameters and fertility, *Mol Hum Reprod*, 1999, Apr, Vol. 5 (4), pp. 331–337, DOI: 10.1093/molehr/5.4.331.
13. Wong W.Y., Flik G., Groenen P.M.W. et al., The impact of calcium, magnesium, zinc, and copper in blood and seminal plasma on semen parameters in men, *Reproductive Toxicology*, 2001, Vol. 15 (2), pp. 131–136, https://doi.org/10.1016/S0890–6238(01)00113–7.
14. Schmid T.E., Grant P.G., Marchetti F., Weldon R.H., Eskenazi B., Wyrobek A.J., Elemental composition of human semen is associated with motility and genomic sperm defects among older men, *Hum Reprod*, 2013, Jan, Vol. 28 (1), pp. 274–282, DOI: 10.1093/humrep/des321.
15. Asano K., Suzuki K., Chiba M., Sera K., Asano R., Sakai T., Relationship between trace elements status in mane hair and atrial fibrillation in horse, *J Vet Med Sci*, 2006, Jul, Vol. 68 (7), pp. 769–771, DOI: 10.1292/jvms.68.769.

16. Frolov A.N., Zavyalov O.A., Kharlamov A.V., *Agricultural Scientific Journal*, No. 11, pp. 91–95, DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2022i11pp91–95. (In Russ.)
17. Zheltikov A.I., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Ilyin V.V., Palchikov P.N., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Strizhkova M.V., Zaiko O. .A., Marenkov V.G., Narozhnykh K.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2021, No. 1 (58), pp. 92–100, DOI: 10.31677/2072–6724–2021–58–1–92–100. (In Russ.)
18. Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Vastyanov V.V., Kamaldinov E.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2010, No. 1 (13), pp. 26–29. (In Russ.)
19. *Norms and rations for feeding farm animals. Reference manual. 3rd edition revised and expanded* (Norms and rations for feeding farm animals), Ed. A.P. Kalashnikova, V.I. Fisinina, V.V. Shcheglova, N.I. Kleimenova, Moscow, 2003, 456 p.
20. Frolov A.N., Zavyalov O.A., Kharlamov A.V., Proceedings of the Kuban State Agrarian University, 2022, No. 100, pp. 286–292, DOI: 10.21515/1999–1703–100–286–292. (In Russ.)
21. Banjoko S.O., Adeseolu F.O., Seminal Plasma pH, Inorganic Phosphate, Total and Ionized Calcium Concentrations In The Assessment of Human Spermatozoa Function, *J Clin Diagn Res*, 2013, Nov, Vol. 7 (11), pp. 2483–2486, DOI: 10.7860/JCDR/2013/6194.3585.
22. Alvarez L., Dai L., Friedrich B.M., Kashikar N.D., Gregor I., Pascal R., Kaupp U.B., The rate of change in Ca(2+) concentration controls sperm chemotaxis, *J Cell Biol*., 2012, Mar 5, Vol. 196 (5), pp. 653–563, DOI: 10.1083/jcb.201106096.
23. Tyler N.C., Namntu M., Ciacciariello M., Research Note: The effect of crude protein and calcium intake on fertility of male broiler breeders, *Poult Sci*, 2021, Sep, Vol. 100 (9), pp. 101284, DOI: 10.1016/j.psj.2021.101284.

УДК 577.175.443
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-294-303

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА МАТЕРЕЙ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТРИЙОДТИРОНИНА У СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС

Е.И. Тарасенко, аспирант
Т.В. Коновалова, старший преподаватель
Л.В. Осадчук, доктор биологических наук, профессор
О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор
В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор
О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: tarasenkoo1997@mail.ru

Ключевые слова: генотип, свиньи, порода ландрас, трийодтиронин, эндокринная система, тиреоидные гормоны, сыворотка крови.

Реферат. *Одну из главных ролей в гормональной системе организма свиней по функциональной значимости играет щитовидная железа, которая посредством гормона трийодтиронина оказывает комплексное действие на все системы, органы и физиологические процессы, контролируя при этом обмен веществ и энергии в организме животного. Было изучено влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у полных сибсов свиней породы ландрас. Для исследования взяты пробы сыворотки крови у 33 свиней с помощью вакуэт-метода из яремной вены. Образцы крови отобраны по общепринятым методикам. Исследования проводились в лаборатории биохимии Новосибирского государственного аграрного университета с использованием метода конкурентного иммуноферментного анализа с набором реагентов «СтероидИФА-трийодтиронин» для количественного определения концентрации трийодтиронина в сыворотке крови. Иммуноферментный анализ провели на анализаторе Thermo Scientific Multiskan FC. В зоне разведения свиней проводился постоянный мониторинг содержания тяжелых металлов в воде, почве, кормах, органах и тканях. Концентрация химических элементов не превышала уровня ПДК. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью стандартных методов описательной статистики и языка статистического программирования или среды анализа данных RStudio (при помощи функций descrstats, summary, sd, read.table, write.table, aes). Была установлена сила влияния генотипа матерей породы ландрас на содержание трийодтиронина у полных сибсов в условиях Западной Сибири, которая составила 4,6%. У потомков некоторых матерей уровень трийодтиронина был в 1,9 и 1,8 раза выше, чем у других. Было выделено два кластера матерей по концентрации трийодтиронина у полных сибсов, в который были включены три группы матерей со средним уровнем 2,26 нмоль/л и пять групп с концентрацией 1,30 нмоль/л. Были установлены референсные границы уровня трийодтиронина у свиней породы ландрас в условиях Западной Сибири.*

INFLUENCE OF MOTHER'S GENOTYPE ON THE CONCENTRATION AND VARIABILITY OF TRIIODOTHYRONINE IN LANDRACE PIGS

E.I. Tarasenko, PhD student
T.V. Konovalova, Senior Lecturer
L.V. Osadchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor
O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor
V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor
O.I. Sebezhko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: tarasenkoo1997@mail.ru

Keywords: genotype, pigs, Landrace breed, triiodothyronine, endocrine system, thyroid hormones, blood serum.

Abstract. *One of the leading roles in the hormonal system of the body of pigs in terms of functional significance is played by the thyroid gland, which, through the hormone triiodothyronine, has a complex effect on all systems,*

organs and physiological processes while controlling the metabolism and energy in the animal's body. The impact of maternal genotype on the concentration and variability of triiodothyronine in complete siblings of Landrace pigs was studied. For the study, blood serum samples were taken from 33 pigs using the vacuum method from the jugular vein. Blood samples were taken according to generally accepted practices. The studies were carried out in the laboratory of the biochemistry of the Novosibirsk State Agrarian University using the technique of competitive enzyme immunoassay with a set of reagents "Steroid ELISA-triiodothyronine" to quantify the concentration of triiodothyronine in blood serum. Enzyme immunoassay was performed on a Thermo Scientific Multiskan FC analyser. In pig breeding, the content of heavy metals in water, soil, feed, organs and tissues was constantly monitored. The concentration of chemical elements did not exceed the MPC level. Statistical processing of experimental data was carried out using standard methods of descriptive statistics and the statistical programming language or data analysis environment RStudio (using the functions: descrstats, summary, sd, read.table, write. table, aes). The strength of the influence of the genotype of mothers of the Landrace breed on the triiodothyronine content in complete siblings in the conditions of Western Siberia was established, which amounted to 4.6%. In some mothers' offspring, the triiodothyronine level was 1.9 and 1.8 times higher than in others. Two clusters of mothers were identified according to the concentration of triiodothyronine in complete siblings, which included three groups of mothers with an average level of 2.26 nmol/l and five groups with the attention of 1.30 nmol/l. The reference limits of the triiodothyronine level in Landrace pigs in the conditions of Western Siberia were established.

Эндокринная система занимает одно из центральных мест в специализированном управлении различными процессами жизнедеятельности организма свиней за счет непосредственной секреции гормонов, а также при участии нервной, иммунной и тканевых систем. Трудно определить такие физиолого-биохимические процессы, которые не находились бы под регулирующим влиянием гормонов. В то же время ни один из гормонов, как правило, полностью не обеспечивает регуляцию отдельных функций. Для этого необходимо одновременное действие ряда гормонов в определенной последовательности и взаимодействии [1].

Гормоны щитовидной железы Т3 и Т4 выполняют множество функций в качестве регуляторов важных метаболических процессов, таких как клеточная активность, рост и развитие функций мозга. Йододефицитные состояния (IDD), такие как зоб, снижение роста и деформации скелета, возникают в случае недостаточного поступления йода, однако избыточное потребление йода приводит к гипотиреозу и аутоиммунному тиреоидиту при выработке гормонов щитовидной железы [2].

Поэтому щитовидная железа как важнейшее регуляторное звено гомеостаза всегда быстро реагирует на воздействие эндогенных и экзогенных факторов путем изменения своей секреторной активности [3, 4].

Стоит отметить, что при организации технологии интенсивного выращивания свиней возникает необходимость в рационах, обеспечивающих животных всеми жизненно необходимыми элементами. Важными составляющими рационов являются как незаменимые аминокислоты, в частности лизин, так и микроэлементы. Уровень и интенсивность обмена белков в значительной степени зависит от деятельности именно щитовидной железы. Установлено, что физиологические дозы йода повышают ее активность и стимулируют процессы синтеза белка в организме свиней. Следует полагать, что одновременное введение в рацион лизина и йодосодержащей биологически активной добавки будет способствовать как коррекции йододефицитных состояний, так и повышению уровня синтеза белка [5–8].

Тиреоидные гормоны в организме животных являются важными модуляторами процессов развития и общего метаболизма, контролируя в них обмен веществ и энергии за счет поддержания баланса между потреблением кислорода и, во-первых, скоростью окислительно-восстановительных реакций, включая окислительное фосфорилирование и свободнорадикальное окисление биомолекул, во-вторых, уровнем теплопродукции [9, 10].

Их дефицит в организме животных сопровождается нарушением углеводного, жирового, белкового, гликопротеидного и витаминно-минерального обмена, замедлением их роста и развития, а также снижением воспроизводительной функции [11, 12].

Кроме этого, тиреоидные гормоны влияют на функционирование системы биогенных аминов (адреналин, норадреналин, дофамин), играющих роль эндогенных антиокислителей.

Физиологический уровень тиреоидных гормонов – это основа для сохранения гомеостатического равновесия в организме животных. При этом важную роль в обеспечении биологических эффектов тиреоидных гормонов играет кровь, так как время их жизни в кровеносной системе определяет возможность воздействия на клетки органов-мишеней [4, 13, 14].

В литературе достаточно много внимания уделяется изучению патологии щитовидной железы, роли тиреоидных гормонов в формировании ответной реакции организма при стрессе, молочной продуктивности и т.д. В то же время вопросы, касающиеся функционирования щитовидной железы в условиях «нормы», имеют весьма противоречивые и трудносопоставимые данные, что обусловлено индивидуальной вариабельностью и возрастной изменчивостью тиреоидного фона организма свиней в зависимости от породы, возраста, физиологического состояния и т.д. [1, 15–17].

Изучение гормонального статуса у сельскохозяйственных животных важно при комплексной оценке фенофонда пород [18]. Цель исследований – определить влияние генотипа матерей на содержание и изменчивость трийодтиронина у полусибсов свиней породы ландрас.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является влияние генотипа матерей на концентрацию и изменчивость трийодтиронина у свиней породы ландрас. Кровь отобрали у 33 свиней с помощью вакуэт-метода из яремной вены в утренние часы до кормления. Рацион кормления соответствовал зоотехническим нормам для свиней породы ландрас. Животные на момент взятия проб были клинически здоровы.

Свиньи были разбиты на 8 групп полных сибсов, которые находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

В зоне разведения свиней проводился постоянный комплексный мониторинг содержания тяжелых металлов в воде, почве, кормах, органах и тканях. В почве, воде и кормах разных районов Сибири уровень концентрации микроэлементов находится в пределах агрохимических и биогеохимических норм [19, 20].

В сыворотке крови по унифицированной методике определяли уровень свободного трийодтиронина (Т3) иммуноферментным методом. Для этих целей использовали готовые наборы реагентов «СтероидИФА-трийодтиронин» для количественного определения концентрации трийодтиронина в сыворотке крови. Регистрация результатов происходит по изменению оптической плотности. Иммуноферментный анализ проводили на анализаторе Thermo Scientific Multiskan FC (с инкубатором) [21].

Иммуноферментный анализ (ИФА) – лабораторный иммунологический метод качественного или количественного определения различных соединений – от низкомолекулярных соединений, пептидных и стероидных гормонов, фармакологических препаратов, пестицидов до вирусов и бактерий, и даже до других антител. В основе ИФА лежит специфическая реакция антиген–антитело. Выявление образовавшегося комплекса проводят с использованием фермента в качестве метки для регистрации сигнала [22].

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена при помощи стандартных методов описательной статистики: средняя арифметическая, стандартная ошибка, стандартное отклонение, коэффициент вариации, медиана, минимальное и максимальное значения, первый и третий квартили, межквартильный размах [23].

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора Microsoft Excel – 2003 и языка статистического программирования и среды анализа данных RStudio. Для обработки данных в данной программе использовали следующие функции: descrstats, summary, sd, read.table, write.table, aes, dunn.test, lm.

При определении межгрупповых различий пользовались критерием Краскела-Уоллеса в качестве альтернативного непараметрического аналога однофакторного дисперсионного анализа при сравнении трех и более независимых групп.

Множественные сравнения проводили с помощью метода Данна с поправкой Холма. При формировании кластеров и построении дендрограмм использовали метод Уорда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Секреция тиреоидных гормонов железой и утилизация тиреоидных гормонов клетками-мишенями контролируются свободными белковыми фракциями. Более 99,95 % тироксина и более 99,50 % трийодтиронина в крови связаны с белками-переносчиками. Абсолютные количества свободного тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3) нелегко определить количественно, и лишь недавно появились достаточно точные методики для их сравнительного изучения среди млекопитающих [24–26].

В настоящее время имеются лишь отрывочные сведения о биологических эффектах тиреоидных гормонов в организме свиней и связи их уровня с породой и полом животных. Большая часть исследований отражает секреторную активность щитовидной железы при её патологии, а также при воздействии стрессовых факторов на организм [4, 27–30].

Тиреоидные гормоны обладают широким спектром биологического действия. Они участвуют в стимуляции энергетических и пластических процессов за счет ускорения катаболизма; стабилизации и модификации структуры биомембран; регуляции роста, развития и дифференцировки тканей, в том числе нервной, и рубцовых процессов; обеспечении воспроизводительной функции; формировании продуктивности животного; физиологической адаптации и т.д. Физиологические эффекты тиреоидных гормонов являются следствием их способности связываться с клеточными рецепторами практически всех органов и тканей и влиять на экспрессию генов.

Распределение изучаемого гормона у потомков матерей породы ландрас в наших исследованиях соответствовало нормальному. График распределения трийодтиронина у свиней породы ландрас представлен на рис. 1.

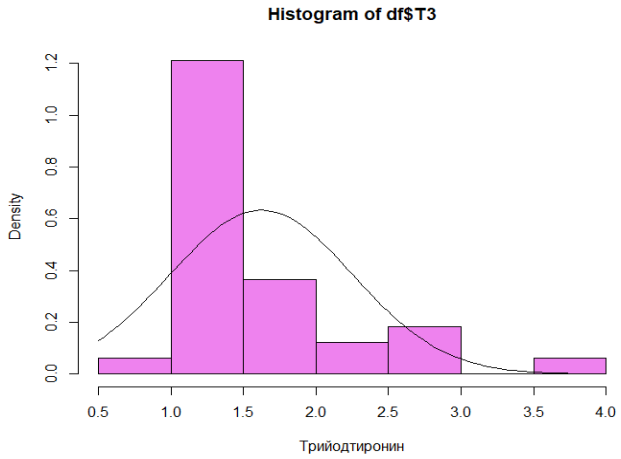


Рис. 1. График распределения трийодтиронина в сыворотке крови потомков матерей породы ландрас
Graph of the distribution of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed

Анализ экспериментальных данных позволил выявить следующие особенности в гормональном статусе организма свиней. Средний уровень трийодтиронина у потомков разных матерей был в пределах 1,28–3,36 нмоль/л, который находился ближе к нижней границе нормы. Данные значения были приближены к средней нормативной величине, рассчитанной по границам физиологической нормы в данной группе свиней. Кроме того, меньшее стандартное отклонение наблюдается у потомков матери № 2363, чем у других, и указывает на то, что данные сгруппированы близко к среднему. По уровню трийодтиронина в сыворотке крови потомков можно построить ранжированный ряд матерей: 2199≤1902<2363<2849<2751<2 3<2386≤2617 в соотношении 1:1,03:1,10:1,15: 1,25:1,82:1,94:1,95.

Данные по содержанию трийодтиронина в сыворотке крови свиней породы ландрас показаны в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация и изменчивость трийодтиронина в сыворотке крови потомства матерей породы ландрас, нмоль/л
The concentration and variability of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed, nmol/l

Номер матери	n	$\overline{X}\pm S_x$	Me	Min	Max	Q_1	Q_3	IQR	Sd	Cv,%
2199	4	1,18±0,073	1,21	0,97	1,31	1,07	1,28	0,211	0,146	12,4
1902	5	1,22±0,061	1,28	1,04	1,37	1,09	1,32	0,23	0,137	11,2
2363	4	1,3±0,036	1,33	1,19	1,35	1,24	1,34	0,098	0,073	5,61
2849	5	1,36±0,057	1,34	1,23	1,57	1,28	1,43	0,153	0,127	9,37
2751	4	1,47±0,11	1,49	1,21	1,68	1,27	1,66	0,383	0,221	15
23	3	2,15±0,37	2,38	1,43	2,65	1,59	2,6	1,02	0,641	29,8
2386	3	2,29±0,782	1,52	1,49	3,85	1,5	3,46	1,97	1,35	59,2
2617	5	2,3±0,218	2,34	1,69	2,95	1,88	2,67	0,787	0,488	21,2

Генетическая изменчивость уровня трийодтиронина среди семейств полных сибсов составляет, (нмоль/л):

$\overline{X}\pm S_x$ 1,66±0,176
Me 1,41
Lim 1,18-2,30
Cv 29,9,%

Оценку влияния фактора проводили методом Краскела-Уоллиса с учетом небольшого числа полных сибсов в группах. Было выявлено статистически достоверное влияние генотипа матерей, значение которого составило 22,5 ($p< 0,002$). Сила влияния генотипа матерей на концентрацию трийодтиронина равна 4,64%. Генетическая изменчивость в изученной выборке была на уровне 29,9%.

На рис. 2 показаны степени разброса (дисперсии) трийодтиронина в зависимости от группы за пределами верхних и нижних квартилей. Выбросы наблюдаются только у группы матери № 2849. На диаграмме показаны: медиана, верхний и нижний квартили, верхняя и нижняя границы.

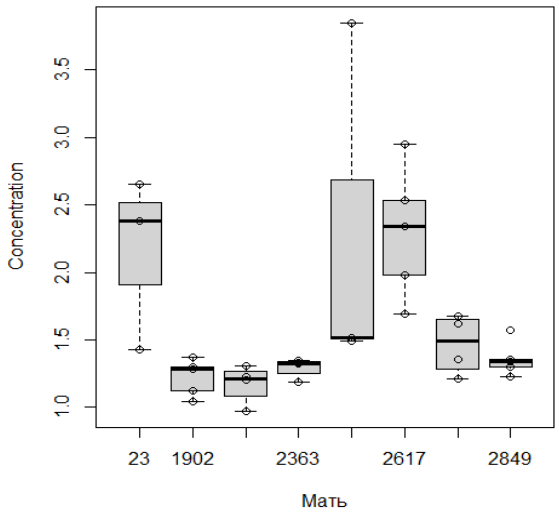


Рис. 2. Диаграмма размаха содержания трийодтиронина в сыворотке крови свиней породы ландрас
Fig. 2. Diagram of the range of triiodothyronine content in the blood serum of Landrace pigs

В табл. 2 представлены данные по апостериорному анализу. Из полученных данных видно, что концентрация трийодтиронина в сыворотке крови потомков матери 2617 значительно выше, чем у свиней других матерей, у которых между собой распределение гормона было однородным.

Таблица 2

Сравнение потомков матерей по уровню трийодтиронина в сыворотке крови
Comparison of offspring of mothers by the level of triiodothyronine in blood serum

Сравниваемые семьи	t_d	t_{st}	P
23–1902	2,48	2,45	0,05
2617–1902	4,78	3,36	0,01
2617–2199	4,79	3,5	0,01
2617–2363	4,55	3,5	0,01
2617–2849	4,78	3,36	0,01

Дендрограмма сходства подтверждает данные предыдущего анализа (рис. 3). На основании кластерного анализа выделено две группы. Первый кластер представлен гнездами №23, 2386 и 2617, второй кластер – 1902, 2199, 2751, 2363, 2849. Данные различия свидетельствует о роли наследственности в детерминации уровня трийодтиронина в потомстве свиней породы ландрас.

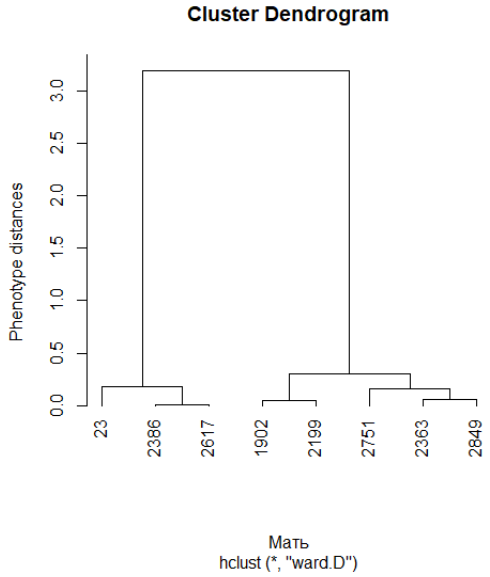


Рис. 3. Дендрограмма распределения уровня трийодтиронина в сыворотке крови потомков матерей породы ландрас

Fig. 3. Dendrogram of the distribution of the level of triiodothyronine in the blood serum of the offspring of mothers of the Landrace breed

Референсные интервалы являются важными показателями в физиологии, патологии и токсикологии. Точные биологические референсные границы необходимы для раннего выявления и своевременной диагностики и лечения заболеваний. Необходимо устанавливать их конкретно для каждого вида и линии животных. В связи с этим были установлены референсные границы по уровню трийодтиронина у свиней породы ландрас, которые были в пределах 0,31–2,73 нмоль/л. Референсные интервалы, рассчитанные в этом исследовании, будут полезны в дальнейшем для диагностики и ветеринарного мониторинга заболеваний у

свиней породы ландрас. Полученные данные могут быть использованы при комплексной оценке фенофонда свиней породы ландрас.

ВЫВОДЫ

1. Установлена сила влияния генотипа матерей породы ландрас на содержание трийодтиронина у полных сибсов в условиях Западной Сибири, которая равна 4,6%.

2. У потомков некоторых матерей уровень трийодтиронина был в 1,9 и 1,8 раз выше, чем у других. Коэффициент генетической изменчивости в исследуемой выборке был равен 29%.

3. Выделено два кластера матерей по концентрации трийодтиронина у полных сибсов, в который включены соответственно три группы матерей со средним уровнем 2,26 нмоль/л и пять групп с концентрацией 1,30 нмоль/л.

4. Определены референсные значения уровня трийодтиронина у свиней породы ландрас в условиях Западной Сибири.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балабаев Б.К., Дерхо М.А.* Возрастные особенности тиреоидного статуса и белкового обмена в организме животных казахской белоголовой породы // АПК России. – 2016. – № 23/3. – С. 640–645.
2. *Effect* of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs / Q. Li, C. Mair, K. Schedle [et al.] // European journal of nutrition. – 2012. – Vol. 51. – P. 685–691.
3. *Dillman E.* Hypothermia in iron deficiency due to altered triiodothyronine metabolism // American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 1980. – Vol. 239, N 5. – P. R377–R381.
4. *Мекин Р.С., Дерхо М.А.* Особенности взаимосвязей между гормонами тиреотропин-тиреоидной системы в организме молодняка свиней разного пола и породы // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2021. – Т. 245, №. 1. – С. 101–108.
5. *Nowak G.* Free thyroid hormone levels during the postnatal period in the pig // Neonatology. – 1983. – Т. 43. – № 3-4. – С. 164-171.
6. *Claus R., Weiler U.* Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review // Livestock Production Science. – 1994. – Т. 37, №. 3 – С. 245–260.
7. *Hematologic* and biochemical reference intervals for 1 month old specific pathogen free Landrace pigs / C. Li, F. Wang, R. Li, M. Ishfaq [et al.] // Veterinary Clinical Pathology. – 2021. – Vol. 50, N 1. – P. 76–80.
8. *Морфофункциональное* состояние тиреоидного статуса свиней при коррекции йодной недостаточности / З.С. Габитова, А.Н. Мамцев, В.Н. Байматов // Российский ветеринарный журнал. – 2009. – № 4. – С. 43–45.
9. *Recovery* of peripheral nerve function after axotomy: effect of triiodothyronine / R.A. Berenberg, D.S. Forman, D.K. Wood // Experimental neurology. – 1977. – Vol. 57, N 2. – С. 349–363.
10. *The influences* of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations / S. Nazifi, M. Saeb, E. Rowghani, K. Kaveh // Comparative Clinical Pathology. – 2003. – Vol. 12, N 3. – P. 135–139.
11. *Abrams G.M., Larsen P.R.* Triiodothyronine and thyroxine in the serum and thyroid glands of iodine-deficient rats // The Journal of Clinical Investigation. – 1973. – Vol. 52, N 10. – С. 2522–2531.
12. *Тиреоидный* статус свиней и его коррекция / В.А. Самсонович, А.И. Ятусевич, Н.С. Мотузко, Е.Л. Братушкина // Ученые записки УО ВГАВМ. –2011. – Т. 47, № 2. – С. 84–86.
13. *Postnatal* changes in circulating concentrations of growth hormone, somatomedin C and thyroid hormones in pigs / C.G. Scanes, D. Lazarus, S. Bowen [et.al.] // Domestic Animal Endocrinology. – 1987. – Vol. 4, N 4. – P. 253–257.
14. *Hematologic* and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs / T.B. Klem, E. Bleken, H. Morberg // Veterinary clinical pathology. – 2010. – Vol. 39, N 2. – P. 221–226.
15. *Mezey E., Potter J.J.* Effects of thyroidectomy and triiodothyronine administration on rat liver alcohol dehydrogenase // Gastroenterology. – 1981. – Vol. 80, N 3. – P. 566–574.

16. *Maternal* nutrient deprivation induces sex-specific changes in thyroid hormone receptor and deiodinase expression in the fetal guinea pig brain / S.Y. Chan, M.H. Andrews, R. Lingas, C.J. McCabe et. al. // The Journal of Physiology. – 2005. – Vol. 566, N 2. – P. 467–480.
17. *Sequential* observation of changes in thyroxine, triiodothyronine and reverse triiodothyronine during the postnatal adaptation of the pig / A.B. Ślebodziński, G. Nowak, H. Zamysłowska // Neonatology. – 1981. – Vol. 39, N 3–4. – P. 191–199.
18. *Гормональный* и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин, О.С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2017. – № 2 (43). – С. 52–61.
19. *Проблемы* селекции сельскохозяйственных животных / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Сиб. предпр. «Наука» РАН, 1997. – 283 с.
20. *Проблемы* сельскохозяйственной экологии / А.Г. Незавитин, В.Л. Петухов, А.Н. Власенко [и др.]. – Новосибирск: Наука, 2000. – 255 с.
21. *Тарасенко Е.И., Климанова Е.А.*Межпородные различия по уровню эстрадиола в сыворотке крови овец // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии: сб. тр. науч.-практ. конф. науч. о-ва студентов и аспирантов биол.-технолог. фак. – Новосибирск, 2022. – С. 164–166.
22. *Тарасенко Е.И.* Ассоциация трийодтиронина с показателями белкового обмена у овец романовской породы // Повышение производства продукции животноводства на современном этапе: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию кафедры частного животноводства. – Витебск, 2022. – С. 78–81.
23. *Зайко О.А., Тарасенко Е.И.* Содержание марганца в некоторых органах и тканях свиней породы ландрас // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 102–110.
24. *Общий* и свободный тироксин и трийодтиронин в сыворотке крови млекопитающих / Р.Р. Андерсон, Д.А. Никсон, М.А. Акаша // Сравнительная биохимия и физиология. – 1988. – Т. 89, № 3. – С. 401–404.
25. *Pabst R.* The pig as a model for immunology research // Cell Tissue Res. – 2020. – Vol. 380, N 2. – P. 287–304. – DOI: 10.1007/s00441-020-03206-9.
26. *Prunier A., Quesnel H.* Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs // Livestock Production Science. – 2000. – Vol. 63, N 1. – P. 1–16.
27. *Growth*, body composition and hormonal status of growing pigs exhibiting a normal or small weight at birth and exposed to a neonatal diet enriched in proteins / A. Morise, B. Seve, K. Macé [et al.] // British journal of nutrition. – 2011. – Vul. 105, N 10. – C. 1471–1479.
28. *Влияние* генотипа свиноматок на значение цветного показателя у потомства / О.А. Зайко, О.И. Себежко, И.К. Бирюля // Модернизация аграрного образования: сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск; Новосибирск, 2021. – С. 986–988.
29. *Влияние* генотипа быков-производителей голштинской породы на содержание натрия в сыворотке крови сыновей / М.В. Стрижкова, О.И. Себежко, Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1 (58). – С. 125–133.
30. *Влияние* генотипа баранов-производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства / Л. Мингжун, Р.Т. Саурбаева, Л. Венронг [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 3 (52). – С. 91–97.

REFERENCES

1. Balabaev B.K., Derho M.A., *APK Rossii*, 2016, No. 23/3, pp. 640–645. (In Russ.)
2. Li Q., Mair C., Schedle K. et al., Effect of iodine source and dose on growth and iodine content in tissue and plasma thyroid hormones in fattening pigs, *European journal of nutrition*, 2012, T. 51, pp. 685–691.
3. Dillman E., Hypothermia in iron deficiency due to altered triiodothyronine metabolism, *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 1980, T. 239, №. 5, pp. R377–R381.
4. Mekin R.S., Derho M.A., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana*, 2021, T. 245, No. 1, pp. 101–108. (In Russ.)

5. Nowak G., Free thyroid hormone levels during the postnatal period in the pig, *Neonatology*, 1983, T. 43, №. 3–4, pp. 164–171.
6. Claus R., Weiler U., Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review, *Livestock Production Science*, 1994, T. 37, No. 3, pp. 245–260.
7. Li C., Wang F., Li R., Ishfaq M. et. al., Hematologic and biochemical reference intervals for 1 month old specific pathogen free Landrace pigs, *Veterinary Clinical Pathology*, 2021, T. 50, No. 1, pp. 76–80.
8. Gabitova Z.S., Mamcev A.N., Bajmatov V.N., *Rossijskij veterinarnyj zhurnal*, 2009, No. 4, pp. 43–45. (In Russ.)
9. Berenberg R.A., Forman D.S., Wood D.K., Recovery of peripheral nerve function after axotomy: effect of triiodothyronine *Experimental neurology*, 1977, T. 57, No. 2, pp. 349–363.
10. Nazifi S., Saeb M., Rowghani E., Kaveh K., The influences of thermal stress on serum biochemical parameters of Iranian fat-tailed sheep and their correlation with triiodothyronine (T3), thyroxine (T4) and cortisol concentrations *Comparative Clinical Pathology*, 2003, T. 12, No. 3, pp. 135–39.
11. Abrams G.M., Larsen P.R., Triiodothyronine and thyroxine in the serum and thyroid glands of iodine-deficient rats, *The Journal of Clinical Investigation*, 1973, T. 52, No. 10, pp. 2522–2531.
12. Samsonovich V.A., YAtusevich A.I., Motuzko N.S., Bratushkina E.L., *Uchenye zapiski UO VGAVM*, 2011, T. 47, No. 2, pp. 84–86. (In Russ.)
13. Scanes C.G., Lazarus D., Bowen S. et. al., Postnatal changes in circulating concentrations of growth hormone, somatomedin C and thyroid hormones in pigs, *Domestic Animal Endocrinology*, 1987, T. 4, No. 4, pp. 253–257.
14. Klem T.B., Bleken E., Morberg H., Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs, *Veterinary clinical pathology*, 2010, T. 39, No. 2, pp. 221–226.
15. Mezey E., Potter J.J., Effects of thyroidectomy and triiodothyronine administration on rat liver alcohol dehydrogenase, *Gastroenterology*, 1981, T. 80, No. 3, pp. 566–574.
16. Chan S.Y., Andrews M.H., Lingas R., McCabe C.J. et. al., Maternal nutrient deprivation induces sex-specific changes in thyroid hormone receptor and deiodinase expression in the fetal guinea pig brain, *The Journal of Physiology*, 2005, T. 566, No. 2, pp. 467–480.
17. Ślebodziński A.B., Nowak G., Zamysłowska H., Sequential observation of changes in thyroxine, triiodothyronine and reverse triiodothyronine during the postnatal adaptation of the pig, *Neonatology*, 1981, T. 39, No. 3–4, pp. 191–199.
18. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., SHishin N.G., Korotkevich O.S. i dr., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2 (43), pp. 52–61. (In Russ.)
19. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. [et al.], *Problemy selektsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh,* (Problems of breeding farm animals) Novosibirsk: Sibirskoe izdatel'sko poligraficheskoe i knigotorgovoe predpriyatie «Nauka» RAN, 1997. 283 p.
20. Nezavitin A.G., Petuhov V.L., Vlasenko A.N. [i dr.], *Problemy sel'skohozyajstvennoj ekologii* (), Novosibirsk: Nauka, 2000, 255 p.
21. Tarasenko E.I., Klimanova E.A., *Problemy biologii, zootekhnii i biotekhnologii* (), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2022, pp. 164–166. (In Russ.)
22. Tarasenko E.I. *Povyshenie proizvodstva produkcii zhivotnovodstva na sovremennom etape* (), Proceedings of the Conference Title, Vitebsk, 2022, pp. 78–81. (In Russ.)
23. Zajko O.A., Tarasenko E.I., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2022, No. 3 (64), pp. 102–110. (In Russ.)
24. Anderson R.R., Nikson D.A., Akasha M.A., *Sravnitel'naya biohimiya i fiziologiya*, 1988, T. 89, No. 3, pp. 401–404. (In Russ.)
25. Pabst R., The pig as a model for immunology research, *Cell Tissue Res*, 2020, Vol. 380, No. 2, pp. 287–304, DOI: 10.1007/s00441-020-03206-9.
26. Prunier A., Quesnel H., Nutritional influences on the hormonal control of reproduction in female pigs, *Livestock Production Science*, 2000, T. 63, No. 1, pp. 1–16.
27. Morise A., Seve B., Macé K. et.al., Growth, body composition and hormonal status of growing pigs exhibiting a normal or small weight at birth and exposed to a neonatal diet enriched in proteins, *British journal of nutrition*, 2011, T. 105, No. 10, pp. 1471–1479.

28. Zajko O.A., Sebezhko O.I., Biryulya I.K., *Modernizaciya agrarnogo obrazovaniya* (),Proceedings of the Conference Title, Tomsk-Novosibirsk, 2021, pp. 986–988. (In Russ.)
29. Strizhkova M.V., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Narozhnyh K.N., Andreeva V.A., Korotkevich O.S., Petuhov V.L., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2021, No. 1 (58), pp. 125–133. (In Russ.)
30. Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Venrong L., Sebezhko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., *Vestnik NGAU* (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2019, No. 3 (52), pp. 91–97. (In Russ.)

УДК 636.082.12
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-304-312

ПОЛИМОРФИЗМ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ КРОВИ ТАБУННЫХ ЛОШАДЕЙ (*EQUUS FERUS CABALLUS*) ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ

[1]**Т.Н. Хамируев,** кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
[1]**Б.З. Базарон,** кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
[2]**Г.М. Гончаренко,** доктор биологических наук, главный научный сотрудник
[2]**Н.Б. Гришина,** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
[1]*Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал СФНЦА РАН, Чита, Россия*
[2]*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия*
E-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Ключевые слова: лошади, забайкальская порода, типы белков, полиморфизм, генотип, аллель, частота, индекс сходства, кластер.

Реферат. *Представлены результаты изучения генетического разнообразия забайкальской породы лошадей по полиморфизму сывороточных белков TF, Es, ALB в четырёх табунах Забайкальского края. Забайкальская лошадь относится к древним аборигенным породам и наиболее приспособлена к местным климатическим условиям сухого жаркого лета и малоснежной морозной зимы, неприхотливая, выносливая, имеет крепкую конституцию. Исследования направлены на сохранение генетического разнообразия породы путём изучения полиморфных вариантов сывороточных белков, являющихся надёжными генетическими маркёрами благодаря их кодоминантному наследованию и широкому полиморфизму. В локусе альбумина выявлено 2 аллеля и 3 генотипа, в локусе эстеразы – 6 аллелей и 13 генотипов, в трансферриновом локусе – 7 аллелей и 18 генотипов, встречающихся с разной частотой в исследуемых табунах, что позволяет характеризовать их генотипические особенности. К числу редко встречаемых генотипов локуса трансферрина (менее 10%) относятся 8 генотипов: TF^{DD}, TF^{DH}, TF^{DI}, TF^{DR}, TF^{FI}, TF^{FM}, TF^{OR}, TF^{R}; локуса эстеразы – 6 генотипов: Es^{GI}, Es^{HH}, Es^{HI}, Es^{HO}, Es^{II}, Es^{GI}. По частоте генотипов и аллелей рассчитана гомозиготность по каждой системе сывороточных белков и в целом по выборке из табуна, уровень которой находится в пределах от 7,87 до 12,25%. Показатель общей гомозиготности варьирует от 34,35 до 43,36%, число эффективных аллелей (Na) во всех табунах практически одинаковое (2,30–2,91). Генетическая изменчивость варьирует в пределах 56,96–63,74%. Индекс генетического сходства между табунами находится на уровне 0,8439–0,9058. Анализируемые табуны образуют два подкластера: в первый вошли лошади СПК Племзавода им. Калинина и СПК «Рассвет», во второй – животные из СПК «Племзавод "Родина"» и АК «Таптанай».*

POLYMORPHISM OF SERUM BLOOD PROTEINS OF HERD HORSES (EQUUS FERUS CABALLUS) OF THE TRANSBAIKAL BREED

[1] **T.N. Khamiruev**, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher
[1] **B.Z. Bazaron,** PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher
[2] **G.M. Goncharenko,** Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher
[2] **N.B. Grishina,** PhD in Biological Sciences, Senior Researcher
[1] *Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia - the branch of the SFSAC RAS, Chita, Russia*
[2] *Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies, pos. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*
E-mail: gal.goncharenko@mail.ru

Keywords: horse, Transbaikal breed, protein types, polymorphism, genotype, allele, frequency, similarity index, cluster.

Abstract. *The results of a study of the genetic diversity of the Transbaikal horse breed based on the polymorphism of whey proteins TF, Es, and ALB in four herds of the Transbaikal region are presented. The Transbaikal horse belongs to the ancient aboriginal breeds and is most adapted to the local climatic conditions of dry, hot summers and frosty winters with little snow. It is unpretentious, hardy, and has a strong constitution. Research is aimed at preserving the breed's genetic diversity by studying polymorphic variants of whey proteins,*

which are reliable genetic markers due to their codominant inheritance and comprehensive polymorphism. In the albumin locus, two alleles and three genotypes were identified. In the esterase locus, there are six alleles and 13 genotypes. In the transferrin locus - 7 alleles and 18 genotypes occur with different frequencies in the studied herds, which makes it possible to characterise their genotypic characteristics. Rarely encountered genotypes of the transferrin locus (less than 10%) include eight genotypes: TFDD, TFDH, TFDI, TFDR, TFFI, TFFM, TFOR, TFR; esterase locus – 6 genotypes: EsGI, EsHH, EsHI, EsHO, EsII, EsGI. Based on the frequency of genotypes and alleles, homozygosity was calculated for each whey protein system and for the entire sample from the herd, the level of which ranges from 7.87 to 12.25%. The overall homozygosity rate varies from 34.35 to 43.36%, and the number of effective alleles (Na) in all herds is almost the same (2.30–2.91). Genetic variability ranges from 56.96–63.74%. The index of gene similarity between herds is at the level of 0.8439–0.9058. The analysed herds form two subclusters: the first includes horses from the APC (Agricultural Production Cooperative) Livestock Breeding Farm named after. Kalinin and SPK "Rassvet". In the second - animals from APC (Agricultural Production Cooperative) "Livestock Breeding Farm "Rodina" and AC (Agricultural Cooperative) "Taptanay".

В Забайкальском крае с исторически сложившимся животноводством издавна разводили местную породу аборигенных лошадей – забайкальскую. По своему происхождению она относятся к монгольскому корню. К началу XIX в. на территории современного Забайкалья образовалась популяция степных лошадей, несущая экстерьерные и биологические особенности с доминированием качеств монгольских предков: неприхотливости, крепости конституции, выносливости [1].

По хозяйственному назначению забайкальских лошадей относят к верхово-упряжным, по экологическому типу – к степным, по происхождению – к аборигенным (местные, локальные), по методу разведения – к табунным. Основное направление их использования – мясное [2].

В проблеме сохранения малочисленных аборигенных пород сельскохозяйственных животных, адаптированных к местным природно-климатическим условиям и устойчивых к заболеваниям [3], важную роль играет поддержание их генетического разнообразия, формирование оптимальной генетической структуры популяции для дальнейшего совершенствования генофонда [4, 5]. С целью контроля этих процессов в качестве эффективного инструментария используются генетические маркёры разных типов, в том числе сывороточные белки и ферменты крови животных, которые благодаря кодоминантному характеру наследования, легкости определения генотипов по фенотипу используются при оценке степени генетического разнообразия и родства пород, выявлении генетической внутрипородной дифференциации [6–8]. Так, например, в исследованиях полиморфизма белков пушных зверей установлена высокая стабильность частот генотипов полиморфных локусов, однако в локусах постальбумина, посттрансферрина и гемоглобина наблюдалось превышение гомозиготных генотипов, что, вероятно, связано с направлением отбора или адаптивностью животных [9]. Кроме того, иммуногенетический и белковый полиморфизм может использоваться при изучении эволюционных взаимоотношений у млекопитающих и их связи с некоторыми показателями продуктивности сельскохозяйственных животных, качеством продукции, воспроизводительной способностью, иммунным ответом на меняющиеся условия среды [10–12].

Изучение генотипической структуры стада или популяции табунных лошадей с использованием полиморфных сывороточных белков позволяет выявлять редкие уникальные аллели и в дальнейшем проводить селекцию на их сохранение, что будет способствовать разнообразию генофонда локальных пород лошадей и обеспечит повышение эффективности ведения племенной работы в табунном коневодстве [13–15].

В настоящее время для генотипирования животных всё чаще используют микросателлиты или SNP (однонуклеотидные замены), однако в сравнительном аспекте отдалённых репродукций, или длительного временного мониторинга, в качестве релевантного метода может использоваться анализ полиморфизма белков сыворотки крови или иммуногенетический анализ. Эти маркёры имеют хороший полиморфизм и чёткое наследование, благодаря чему долгое время использовались в коневодстве для установления достоверности

происхождения животных и решения других селекционно-генетических вопросов.

Цель исследования заключалась в оценке генетического разнообразия разных табунов лошадей забайкальской породы по полиморфизму сывороточных белков крови.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы сыворотки крови были отобраны у лошадей забайкальской породы в СПК–Племзавод им. Калинина Агинского, СПК «Рассвет» Ононского, СПК «Племзавод "Родина"» и АК «Таптанай» Дульдургинского районов Забайкальского края. Всего было исследовано 363 лошади. Анализ полиморфизма сывороточных белков крови проведен в лаборатории иммуногенетической экспертизы КГУ «Агинская окружная ветеринарная лаборатория».

Генетическую структуру (частоту антигенных факторов) вычисляли по формуле М. Нея:

$P_i=n_i/N$,

где P_i – частота антигена в выборке; n_i – число животных–носителей данного антигена; N – общее число животных в выборке.

Уровень гомозиготности рассчитывали по формуле А. Робертсона (1956):

$Ca=\Sigma P^2$,

где Ca – уровень гомозиготности по одному локусу; P – частота аллеля в локусе.

Число эффективных аллелей вычисляли по формуле

$Na=1/Ca$,

где Na – число эффективных аллелей; Ca – уровень гомозиготности.

Степень генетической изменчивости популяции (V) выражается через коэффициент (по А. Робертсону):

$V=1–Ca/1–1/N\times100$,

где: N – количество животных; Ca – коэффициент гомозиготности.

Индекс генетического сходства вычисляли по формуле K. Majala, G. Lindstrom (1966):

$$r=\frac{\Sigma(x_i\times y_i)}{\sqrt{\Sigma x_i^2\times y_i^2}},$$

где r – индекс генетического сходства; x_i и y_i – частоты аллелей в сравниваемых табунах.

Генетические дистанции между популяциями определяли по формуле М. Нея:

$DN=-\ln r$;

где DN – генетическая дистанция; ln – логарифм натурального числа; r – индекс генетического сходства.

Для графического отображения генетических связей между изученными табунами построили дендрограмму генетических дистанций с помощью прикладной программы PAST version 3.25 [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Климат региона резко-континентальный. Зима с низкими температурами, слабыми ветрами, небольшим количеством осадков. Высота снежного покрова составляет от 3–6 до 10 см. Среднемесячная температура: января -22…-26^{0}С (абсолютный минимум –51^{0}С), июля +16…+20^{0}С (абсолютный максимум +37^{0}С). Лето жаркое: первая половина – сухая, вторая – дождливая. Вегетационный период продолжается от 120 до 150 дней. Распределение осадков неравномерное и составляет 200–250 мм/год с колебаниями от 130 до 400 мм.

С целью выявления генетического разнообразия лошадей забайкальской породы проведён сравнительный анализ генотипической структуры по частоте генотипов белков трансферрина, эстеразы, альбумина в 4 хозяйствах Забайкальского края (табл. 1).

Результаты типирования показали, что табуны имеют генетическое сходство, обусловленное одной породной принадлежностью, и различия, связанные с индивидуальными особенностями. В локусе трансферрина в породе выявлено 7 аллелей и 18 генотипов, частота которых формирует профиль табуна. Следует отметить, что по встречаемости большинства генотипов различий не наблюдается. К редко встречаемым, менее 10%, или к невыявленным, относятся 8 генотипов: TF^{DD}, TF^{DH}, TF^{DI}, TF^{DR}, TF^{FI}, TF^{FM}, TF^{OR}, TF^{RR}, однако частота некоторых генотипов имеет сильную неравномерность. Так, в табуне АК «Таптанай» у 17,1 % животных определён генотип TF^{DF}, тогда как в других стадах он встречается крайне редко.

Таблица 1

Частота генотипов полиморфных локусов белков крови лошадей
Frequency of genotypes of polymorphic loci of equine blood proteins

Генотип	ZAB1, n=98	ZAB2, n=128	ZAB3, n=102	ZAB4, n=35
TF^{DD}	0,0	5,50 ± 2,02	0,0	0,0
TF^{DF}	0,0	6,30 ± 2,15	1,00 ± 0,98	17,10 ± 6,36
TF^{DH}	0,0	2,30 ± 1,32	8,80 ± 2,80	8,60 ± 4,73
TF^{DI}	0,0	1,56 ± 1,11	0,0	0,0
TF^{DO}	0,0	0,80 ± 0,79	0,0	2,90 ± 2,84
TF^{DR}	0,0	3,10 ± 1,53	0,0	2,90 ± 2,84
TF^{FF}	2,00± 1,41	14,80 ± 9,85	6,80 ± 2,49	0,0
TF^{FH}	20,40 ± 4,07	17,20 ± 11,13	25,5 0± 4,32	11,40 ± 5,370
TF^{FI}	0,0	9,40 ± 2,58	0,0	0,0
TF^{FM}	0,0	0,0	1,00 ± 0,98	0,0
TF^{FO}	43,90 ± 5,01	17,20 ± 11,13	21,60± 4,07	20,00 ±6,76
TF^{FR}	9,20 ± 2,92	3,10 ± 1,53	2,90 ± 1,66	0,0
TF^{HH}	15,30 ± 3,64	15,60 ± 3,21	14,70 ± 3,51	0,0
TF^{HO}	8,20 ± 2,77	3,10 ± 1,53	13,70 ± 3,40	20,00 ± 6,76
TF^{HR}	1,00 ± 1,00	0,0	2,00 ± 1,39	0,0
TF^{OO}	0,0	0,0	0,0	11,40 ± 5,37
TF^{OR}	0,0	0,0	1,00 ± 0,98	2,90 ± 2,84
TF^{RR}	0,0	0,0	1,00 ± 0,98	2,90 ± 2,84
Es^{FF}	28,60 ± 4,56	30,50 ± 4,07	0,0	11,40 ± 5,37
Es^{FG}	0,0	26,50 ± 3,90	18,60 ± 3,88	20,00 ± 6,76
Es^{FH}	12,20± 3,31	3,90 ± 1,71	18,60 ± 3,88	8,60 ± 4,73
Es^{FI}	47,90 ± 5,05	18,00 ± 3,40	16,70 ± 3,72	8,60 ± 4,73
Es^{GI}	0,0	0,0	0,0	5,70 ± 3,92
Es^{HH}	5,10 ± 2,22	1,60 ± 1,11	6,90 ± 2,49	0,0
Es^{HI}	3,10 ± 1,75	0,0	3,90 ± 1,94	0,0
Es^{HO}	0,0	0,0	1,00 ± 0,98	0,0
Es^{II}	3,06 ± 1,75	4,70± 1,87	1,00 ± 0,98	0,0
Es^{GG}	0,0	5,50 ± 2,02	2,90 ± 1,66	14,30 ± 5,92
Es^{GH}	0,0	2,30 ± 1,32	15,70 ± 3,63	22,90 ± 7,10
Es^{GI}	0,0	7,00 ± 2,26	14,70 ± 3,51	5,70 ± 3,92
Es^{GI}	0,0	0,0	0,0	2,90 ± 2,84
ALB^{AA}	8,16 ± 2,77	16,00 ± 3,27	28,40 ± 4,49	22,90 ± 7,10
ALB^{AB}	53,00 ± 5,04	45,30 ± 4,40	60,80 ± 4,81	65,70 ± 8,02
ALB^{BB}	38,80 ± 4,92	38,30 ± 4,30	10,80 ± 3,10	11,40 ± 5,37

Примечание. Здесь и далее: ZAB1 – СПК – Племзавод им. Калинина; ZAB2 – СПК «Рассвет»; ZAB3 – СПК «Племзавод “Родина”»; ZAB4 – АК «Таптанай».
Note. Here and below is ZAB1 – SPK Plemzavod named after. Kalinina; ZAB2 – SEC “Rassvet”; ZAB3 – SPK “Plemzavod “Rodina””; ZAB4 - AK “Taptanay”.

При этом следует отметить, что часть генотипов локуса трансферразы относятся к числу часто встречаемых. Так, генотип TF^{FH} встречается в табунах с частотой от 11,4 до 25,5%, генотип TF^{FO} – от 17,2 до 43,9, генотип TF^{HH} – от 14,7 до 15,6%, за исключением табуна АК «Таптанай», где этот генотип не выявлен.

Схожие результаты были получены в исследованиях по изучению полиморфизма сыворотки крови лошадей якутской породы [17, 18]. Авторы сообщают, что у якутских лошадей редко встречаются особи – носители генотипов TF^{RR} (3–5%), TF^{DD} (0,5–2,7%), TF^{OR} (0–0,6%). При этом часто встречаются лошади с генотипами TF^{FF} (23,88%), TF^{FH} (13,43%), TF^{FO} (10,45%) что согласуется с нашими результатами.

В локусе эстеразы у лошадей забайкальской породы выявлено 6 аллелей и 13 генотипов с разной частотой в исследуемых табунах. К редко встречаемым генотипам локуса эстеразы можно отнести генотипы Es^{HI}, Es^{HO}, Es^{II}, Es^{GI}, частота которых в табунах не превышает 6%. Наиболее существенные различия наблюдаются по генотипу Es^{FF}. У лошадей СПК – Племзавод им. Калинина и СПК «Рассвет» численность животных с этим генотипом составляет около 30%, тогда как в СПК «Племзавод “Родина”» таких особей не выявлено. Существенные различия выявлены и по генотипу Es^{FI}, частота которого в табунах варьирует от 47,9% (СПК – Племзавод им. Калинина) до 8,6% (АК «Таптанай»). Разнообразие в частотах наблюдается и по генотипам Es^{GG}, Es^{GH}, Es^{GI} (от 0,0 до 22,9%).

При анализе частот генотипов локуса альбуминов обращает на себя внимание повышенная частота гетерозигот по сравнению с гомозиготами. Наиболее высокий их уровень наблюдается в табуне АК «Таптанай» – 65,7%, что выше, чем СПК «Рассвет», на 20,4% ($p \leq 0,05$).

Анализ частот аллелей трансферринового локуса сывороточных белков у лошадей забайкальской породы позволил выявить 7 аллелей, среди которых к наиболее распространённым во всех табунах можно отнести два – TF^{F} и TF^{H}, при этом наиболее высокая частота TF^{F} аллеля наблюдается у лошадей СПК «Рассвет», а TF^{H} – у животных СПК «Племзавод ‘’Родина’’. Превышение в сравнении АК «Таптанай» составляет 0,171 и 0,197 соответственно ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,01$) (табл. 2).

Характерной особенностью табуна АК «Таптанай» является повышенная частота аллеля TF^{O} – 0,343, что превышает этот показатель в табунах СПК «Рассвет и СПК «Племзавод “Родина”» на 0,238 и 0,162 соответственно ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,01$).

Таблица 2

Частота аллелей полиморфных локусов белков крови лошадей
Allele frequency of polymorphic equine blood protein loci

Аллель	ZAB1, n=98	ZAB2, n=128	ZAB3, n=102	ZAB4, n=35
TF^{D}	0,000	0,125 ± 0,022	0,049 ± 0,017	0,157 ± 0,044
TF^{F}	0,388 ± 0,036	0,414 ± 0,032	0,329 ± 0,033	0,243 ± 0,052
TF^{H}	0,301 ± 0,033	0,270 ± 0,028	0,397 ± 0,035	0,200 ± 0,048
TF^{I}	0,000	0,055 ± 0,020	0,000	0,000
TF^{M}	0,000	0,000	0,005 ± 0,010	0,000
TF^{O}	0,260 ± 0,032	0,105 ± 0,020	0,181 ± 0,028	0,343 ± 0,057
TF^{R}	0,051 ± 0,017	0,031 ± 0,014	0,039 ± 0,014	0,057 ± 0,028
Es^{F}	0,587 ± 0,036	0,547 ± 0,032	0,270 ± 0,032	0,400 ± 0,059
Es^{G}	0,000	0,234 ± 0,026	0,274 ± 0,032	0,329 ± 0,056
Es^{H}	0,127 ± 0,024	0,047 ± 0,014	0,265 ± 0,032	0,157 ± 0,044
Es^{I}	0,286 ± 0,033	0,172 ± 0,024	0,186 ± 0,028	0,071 ± 0,032
Es^{J}	0,000	0,000	0,000	0,043 ± 0,024
Es^{O}	0,000	0,000	0,005 ± 0,010	0,000
ALB^{A}	0,347 ± 0,035	0,391 ± 0,032	0,588 ± 0,035	0,557 ± 0,060
ALB^{B}	0,653 ± 0,035	0,609 ± 0,032	0,442 ± 0,035	0,443 ± 0,060

В локусе эстеразы выявлено 6 аллелей с разной частотой, среди которых к наиболее распространённым относится Es^F, концентрация которого в табунах СПК – Племзавод им. Калинина и СПК «Рассвет» СПК составляет 0,587 и 0,547, немного ниже в АК «Таптанай» – 0,400, тогда как в СПК «Племзавод “Родина”» частота этого аллеля 0,270.

Отмечена также неравномерность распределения частот аллелей Es^H и Es^I. Необходимо отметить, что для забайкальской породы лошадей характерна низкая частота Es^J и Es^O.

При анализе аллельного профиля локуса альбумина можно условно разделить табуны на две группы со сходной частотой аллелей. К первой группе относятся СПК – Племзавод им. Калинина и СПК «Рассвет» ко второй – СПК «Племзавод “Родина”» и АК «Таптанай».

При этом необходимо отметить, что по частотам аллелей белков альбумина и эстеразы лошади забайкальской породы значительно отличаются от русской тяжеловозной породы [19].

На основании частоты генотипов и аллелей локусов *TF*, *Es* и *ALB* рассчитана гомозиготность по каждому локусу и её общее значение по всем локусам, а также число эффективных аллелей и уровень генетической изменчивости (табл. 3).

Таблица 3

Гомозиготность, число эффективных аллелей и уровень генетической изменчивости, %
Homozygosity, number of effective alleles and level of genetic variability, %

Показатель	ZAB1, n=98	ZAB2, n=128	ZAB3, n=102	ZAB4, n=35
Гомозиготность локусов				
TF	31,14 ± 4,68	12,10 ± 2,88	30,28 ± 4,55	24,48 ± 7,27
Es	44,26 ± 5,02	38,58 ± 4,30	25,30 ± 4,30	30,00 ± 7,75
ALB	54,68 ± 5,03	52,38 ± 4,41	54,12 ± 4,93	50,66 ± 8,45
Популяционно-генетические параметры				
Ca	43,36 ± 5,00	34,35 ±4,19	36,56± 4,76	35,04 ±8,06
SH	12,25 ± 3,31	7,87 ± 2,38	11,66 ± 3,18	8,31 ± 4,66
Na	2,30 ± 1,51	2,91 ± 1,48	2,73 ± 1,61	2,82 ± 2,79
V	56,96 ±5,00	57,09 ±4,37	64,01 ± 4,75	63,74 ±8,12

В трансферриновом локусе наиболее низкий уровень гомозиготности наблюдается в табуне СПК «Рассвет» – 12,10 %, что меньше, чем в СПК – Племзавод им. Калинина и СПК «Племзавод “Родина”», на 19,04 и 18,18 % соответственно ($p \leq 0,001$). По локусу *Es* наиболее высокая гомозиготность отмечена в табуне Племзавода им. Калинина (44,26%), а наиболее низкая (25,30 %) – в табуне СПК «Племзавод “Родина”». Превышение составляет 18,96 % ($p \leq 0,01$). Различий по локусу альбумина и общей гомозиготности между табунами не выявлено.

Уровень общей гомозиготности (*Ca*) варьирует от 34,35 до 43,36%, число эффективных аллелей (*Na*) во всех табунах практически одинаковое (2,30–2,91). Уровень генетической изменчивости варьирует в пределах 56,96–63,74 %.

Одним из показателей генетического разнообразия породы может служить индекс генетического сходства между стадами, рассчитанный по любым генетическим маркёрам, наследование которых можно проследить фенотипически (табл. 4).

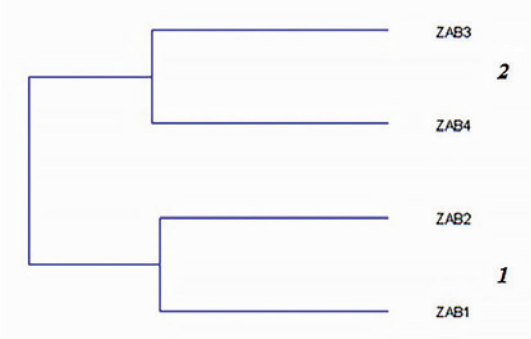
Нашими исследованиями установлено, что по генотипической структуре ближе всего СПК «Рассвет» и СПК – Племзавод им. Калинина, а также АК «Таптанай» и СПК «Племзавод ««“Родина”», индекс генетического сходства которых находится на уровне 0,9035 и 0,9058 соответственно. Несколько ниже сходство между табунами СПК «Племзавод “Родина”» и СПК «Рассвет» (0,8439), а также АК «Таптанай» и СПК «Рассвет» (0,8794).

Таблица 4

Матрица генетических расстояний
Genetic Distance Matrix

Порода	ZAB1	ZAB2	ZAB3	ZAB4
ZAB1		0,9035 ± 0,0420	0,8468 ± 0,0376	0,8716 ± 0,0325
ZAB2	0,1015		0,8439 ± 0,0528	0,8794 ± 0,0454
ZAB3	0,1663	0,1697		0,9058 ± 0,0284
ZAB4	0,1374	0,1285	0,0989	

Примечание. Над диагональю – индексы генетического сходства (*r*), под диагональю – генетические дистанции (*DN*).
Note. Above the diagonal are genetic similarity indices (r), and below the diagonal are genetic distances (DN).



Дендрограмма генетических дистанций
Dendrogram of genetic distances

На рисунке представлена дендрограмма генетических дистанций между сравниваемыми табунами лошадей.

Выявленные сходства и различия между табунами, представленные в виде дендрограммы, показывают, что по генотипической структуре более близки между собой лошади СПК – Племзавод им. Калинина и СПК «Рассвет», которые образуют первый кластер. На объединение лошадей в один кластер, видимо, оказало влияние формирование табуна СПК «Рассвет» за счёт приобретения племенных животных из СПК Племзавод им. Калинина.

Второй кластер образуют лошади из СПК «Племзавод “Родина”» и АК «Таптанай», что можно объяснить некоторым обменом производителями внутри одного Дульдургинского района.

ВЫВОДЫ

1. Исследования генетических особенностей лошадей забайкальской породы по полиморфизму сывороточных белков крови *TF*, *Es*, *ALB* показали их сходство, обусловленное породной принадлежностью и различия, связанные с предшествующей селекцией.

2. На основании частот генотипов и аллелей рассчитаны индекс генетического сходства и генетические дистанции между исследуемыми табунами, что можно учитывать при составлении перспективных планов по работе с породой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пространственная* структура и двигательная активность лошадей забайкальской породы / Г.М. Шкуратова, Т.Н. Хамируев, Б.З. Базарон, С.М. Дашинимаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 42–52. – doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-5.
2. *Хамируев Т.Н., Монгуш Б.М., Базарон Б.З.* Сравнительная оценка экстерьера тувинской и забайкальской пород лошадей // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 9 (191). – С. 89–93.

3. *Полиморфизм* генотипов STR-локусов основных линий жеребцов аборигенной кыргызской лошади / Б.И. Токтосунов, Д.А. Баймуканов, А.Х. Абдурасулов, С.Д. Монгуш // Вестник Чувашского ГАУ. 2022. – № 3. – С. 74–82. – DOI: 10.48612/vch/np59-6mmp-xpxn.
4. *Попов Р.Г., Попова Н.В.* Полиморфизм белков молока и крови якутской породы скота // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 7 (172). – С. 92–99. – DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-92-99.
5. *Selionova M.I., Plakhtyukova V.R.* Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the kazakh white-headed breed // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management, Baicsem 2020". – 2020. – P. 012131. – DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012131.
6. *Мусаева И.В., Алиева Е.М.* Иммуногенетический полиморфизм крови крупного рогатого скота АО «Кизлярагрокомплекс» // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № (3) 68. – С. 94–102. – DOI: 10.24412/2078-1318-2022-3-94-102.
7. *Allelic* variation of marker genes of hereditary diseases and economically important traits in breeding cattle population / A.G. Koshchaev, I.V. Shchukina, A.V. Garkovenko [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – Vol. 10, N. 6. – P.1566–1572.
8. *Use* of holstein bulls in improvement of black pied cattle / N.L. Ignatieva, I.V. Voronova, E.Yu. Nemtseva, G.M. Toboev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". – 2021. – P. 012025. – DOI: 10.1088/1755- 1315/935/1/012025.
9. *О возможности* использования полиморфизма белков крови как показателя отбора в пушном звероводстве / Е.А. Тинаева, Л.Г. Маркович, В.В. Конкина, Е.А. Семикрасова // Вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 1. – С. 122–130.
10. *Haemoglobin* polymorphism in wild and cultured African catfish (ClariasgariepinusBurchell, 1822) / M.Y. Diyaware, A.B. Ahmed, A.A. Akinyemi, S.B. Suleiman // Ife Journal of Science. – 2017. – N 19 (2). – P. 293–301. – DOI: https://doi.org/10.4314/ijs.v19i2.9.
11. *Холодова Л.В., Новоселова К.С.* Использование иммуногенетики в селекции молочного стада Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. –.2018. – Т.4, № 3. – С. 69–77. – DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-69-76.
12. *Генотипы* EAF-системы групп крови в селекции крупного рогатого скота на продуктивность / Д.Н. Кольцов, В.И. Дмитриева, В.А. Багиров [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 10. – С. 58–61. – DOI: 10.24411/0235-2451- 2019-11013.
13. *Изменчивость* полиморфизма белков крови лошадей табунных пород Якутии / А.В. Чугунов, Н.П. Филиппова, М.Н. Халдеева, Н.П. Степанов // Наука и образование. – 2014. – № 2 (74). – С. 78–81.
14. *Оценка* генетического разнообразия в популяциях тувинских лошадей по локусам систем крови и микросателлитным ДНК / Р.Б. Чысыма, Л.А. Храброва, А.М. Зайцев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 4. – С. 679–685. – DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.679 rus.
15. *Блохина Н.В., Царева М.А*. Анализ генетической структуры новоалтайской породы лошадей с учетом аллелофонда базовых пород // Агрозоотехника. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 4. – DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.4.
16. *Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D.* PAST: Palaeontological Statistics software for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. – 2001. – N 4 (1). – P. 9.
17. *Додохов В.В., Филиппова Н.П.* Полиморфизм белков сыворотки крови лошадей якутской породы // Потенциал современной науки. – 2015. – № 4 (12). – С. 70–75.
18. *Изучение* особенностей аллелофонда по полиморфным системам крови молодняка якутских лошадей ООО «Хоробут» / В.К. Евсюкова, С.И. Степанова, С.Р. Плотников, С.А. Герасимов // Агроэкоинфо. – 2022. – № 1. – С. 6.
19. *Блохина Н. В., Зайцев А.М., Храброва Л.А.* Внутрипопуляционная дифференциация лошадей русской тяжеловозной породы по полиморфным белкам и эритроцитарным антигенам // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 33. – С. 15–19.

REFERENCES

1. SHkuratova G.M., Hamiruev T.N., Bazaron B.Z., Dashinimaev S.M., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2021, No. 4, pp. 42–52, doi.org/10.26898/0370-8799-2021-4-5. (In Russ.)
2. Hamiruev T.N., Mongush B.M., Bazaron B.Z., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 9 (191), pp. 89–93. (In Russ.)
3. Toktosunov B.I., Bajmukanov D.A., Abdurasulov A.H., Mongush S.D., *Vestnik CHuvashskogo GAU*, 2022, No. 3, pp. 74–82, DOI: 10.48612/vch/np59-6mmp-xpxn. (In Russ.)
4. Popov R.G., Popova N.V., *Vestnik KrasGAU*, 2021, No. 7 (172), pp. 92–99, DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-92-99. (In Russ.)
5. Selionova M.I., Plakhtyukova V.R., Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the kazakh white-headed breed, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* "International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management, Baicsem 2020", 2020, P. 012131, DOI: 10.1088/1755-1315/613/1/012131.
6. Musaeva I.V., Alieva E.M., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. (3) 68, pp. 94–102, DOI: 10.24412/2078-1318-2022-3-94-102. (In Russ.)
7. Koshchaev A.G. Shchukina I.V., Garkovenko A.V., Ilnitskaya E.V., Radchenko V.V., Bakharev A.A., Khrabrova L.A., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2018, Vol. 10, No. 6, pp. 1566–1572.
8. Ignatieva N.L., Voronova I.V., Nemtseva E.Yu., Toboev G.M., Use of holstein bulls in improvement of black pied cattle, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021", 2021, pp. 012025, DOI: 10.1088/1755- 1315/935/1/012025.
9. Tinaeva E.A., Markovich L.G., Konkina V.V., Semikrasova E.A., *Vestnik VOGiS,* 2007, Vol. 11, No. 1, pp. 122–130. (In Russ.)
10. Diyaware M.Y., Ahmed A.B., Akinyemi A.A., Suleiman S.B., *Haemoglobin* polymorphism in wild and cultured African catfish (ClariasgariepinusBurchell, 1822), *Ife Journal of Science*, 2017, No. 19 (2), pp. 293–301, DOI: https://doi.org/10.4314/ijs.v19i2.9.
11. Holodova L.V., Novoselova K.S., *Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta*. *Seriya «Sel'skohozyajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki»*, 2018, Vol. 4, No. 3, pp. 69–77, DOI: 10.30914/2411-9687-2018-4-3-69-76. (In Russ.)
12. Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I., Bagirov V.A., Gontov M.E., Onufriev V.A., Tatueva O.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK,* 2019, Vol. 33, No. 10, pp. 58–61, DOI: 10.24411/0235-2451- 2019-11013. (In Russ.)
13. CHugunov A.V., Filippova N.P., Haldeeva M.N., Stepanov N.P., *Nauka i obrazovanie, 2*014, No. 2 (74), pp. 78–81. (In Russ.)
14. CHysyma R.B., Hrabrova L.A., Zajcev A.M., Makarova E.YU., Fedorov YU.N., Ludu B.M., *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2017, Vol. 52, No. 4, pp. 679–685, DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.679rus. (In Russ.)
15. Blohina N.V., Careva M.A., *Agrozootekhnika*, 2019, Vol. 2, No. 2, pp. 4, DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.4. (In Russ.)
16. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D., *Palaeontologia Electronica*, 2001, No. 4 (1). pp. 9.
17. Dodohov V.V., Filippova N.P., *Potencial Sovremennoj nauki*, 2015, No. 4 (12), pp. 70–75. (In Russ.)
18. Evsyukova V.K., Stepanova S.I., Plotnikov S.R., Gerasimov S.A., *Agroekoinfo*, 2022, No. 1, pp. 6. (In Russ.)
19. Blohina N.V., Zajcev A.M., Hrabrova L.A., *Vestnik RGATU*, 2019, No. 33, pp. 15–19. (In Russ.)

УДК 619:636.2.034
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-313-318

ПРОБИОТИЧЕСКИЙ ПРЕПАРАТ СБТ-ЛАКТО И ФИТОБИОТИК ЭКСТРАКТ ЧАБРЕЦА КАК СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА ТЕЛЯТ

[1,2]**А.И. Шевченко,** доктор биологических наук, профессор
[1]**С.А. Шевченко,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор
[2]**Е.Ю. Заборских,** кандидат сельскохозяйственных наук
[1]**Е.Г. Бугуев,** аспирант
[1]*Федеральный алтайский центр агробиотехнологий, Майма, Россия*
[2]*Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия*
E-mail: se-gal@list.ru

Ключевые слова: пробиотический препарат СБТ-Лакто, фитобиотик экстракт чабреца, телята, показатели роста.

Реферат. *В условиях научно-хозяйственного эксперимента в среднегорной зоне Республики Алтай изучено влияние на показатели роста телят симментальской породы пробиотического препарата СБТ-Лакто и фитобиотика экстракта чабреца, которые скармливали животным с молоком в первый месяц их жизни. Телята 1-й опытной группы получали экстракт чабреца с 22-х по 42-е сутки жизни, 2-й группы – СБТ-Лакто с 1-х по 21-е сутки, 3-й опытной группы – СБТ-Лакто с 1-х по 21-е сутки и экстракт чабреца с 22-х по 42-е сутки. Установлено, что абсолютный прирост массы тела в 1-й опытной группе недостоверно превышал контрольный показатель на 5,20%, во 2-й опытной группе превышение составило 12,49% и было достоверным. Максимальный эффект получен в 3-й опытной группе. Абсолютный прирост массы тела животных этой группы высокодостоверно превышал контрольный показатель – на 16,92%. Таким образом, последовательное раздельное скармливание экстракта чабреца и пробиотика телятам оказало более выраженное положительное влияние на их рост. Улучшение показателей роста телят опытных групп можно объяснить нормализацией состава кишечной микрофлоры под влиянием пробиотического препарата СБТ-Лакто и активизацией процессов пищеварения веществами, содержащимися в экстракте чабреца. При совместном последовательном применении указанных факторов получен синергический эффект.*

PROBIOTIC PREPARATION SBT-LACTO AND PHYTOBIOTIC THYME EXTRACT AS GROWTH STIMULANTS IN CALVES

[1,2]**A.I. Shevchenko**, Doctor of Biological Sciences, Professor
[1]**S.A. Shevchenko**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
[2]**E.Y. Zaborskikh**, PhD in Agricultural Sciences
[1]**E.G. Buguev**, PhD student
[1]*Federal Altai Center for Agrobiotechnologies, Maima, Russia*
[2]*Gorno-Altaisk State University, Gorno-Altaisk, Russia*
E-mail: se-gal@list.ru

Keywords: probiotic preparation SBT-Lacto, phytobiotic thyme extract, calves, growth indicators.

Abstract. *In the conditions of a scientific and economic experiment in the mid-mountain zone of the Altai Republic, the effect on the growth performance of Simmental calves of the probiotic drug SBT-Lacto and the phytobiotic thyme extract, which were fed to the animals with milk in the first month of their life, was studied. Calves of the 1st experimental group received thyme extract from the 22nd to 42nd days of life, the 2nd group - SBT-Lacto from the 1st to 21st days, and the 3rd experimental group - SBT-Lacto from the 1st day. x to the 21st day and thyme extract from the 22nd to the 42nd day. It was found that the absolute increase in body weight in the 1st experimental group did not significantly exceed the control indicator by 5.20%; in the 2nd experimental group, the excess was 12.49% and was significant. The maximum effect was obtained in the 3rd experimental group. The absolute increase in body weight of animals in this group significantly exceeded the control indicator - by 16.92%. Thus, sequential separate feeding of thyme extract and probiotics to calves had a more pronounced positive effect*

on their growth. The improvement in growth rates of calves in the experimental groups can be explained by the normalisation of the composition of the intestinal microflora under the influence of the probiotic drug SBT-Lacto and the activation of digestive processes by substances contained in the thyme extract. A synergistic effect was obtained with the combined sequential use of these factors.

В настоящее время трудно представить ведение большинства отраслей животноводства, и скотоводства в частности, без включения в рацион животных биологически активных кормовых добавок. Многие десятилетия таковыми были в основном антибиотики. После того как стали очевидными отрицательные последствия их использования [1, 2], стали вводить полный запрет или жесткие ограничения на их применение, что в связи с явной тенденцией к формированию рынка экологически чистых сертифицированных пищевых продуктов обусловило необходимость поиска альтернативы кормовым антибиотикам [3].

Для повышения переваримости и усвояемости кормов, стимуляции роста и развития животных, повышения неспецифического иммунитета применяются различные ферментативные, пробиотические, пребиотические и комбинированные ферментно-пробиотические препараты, а также комплексные пробиотические кормовые добавки, обогащенные фитокомпонентами [4–8].

Исследования российских и зарубежных ученых показывают, что включение пробиотиков в рацион животных снижает затраты кормов, сокращает продолжительность выращивания, повышает сохранность животных, а также способствует становлению и нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, при этом полученные от таких животных продукты питания безопасны для человека [9, 10].

В современной литературе фитобиотики (фитогенные кормовые добавки или растительные препараты) определяются как натуральные добавки растительного происхождения, обладающие разнообразным действием на организм (антимикробным, противовирусным, иммуномодулирующим, противогрибковым, противовоспалительным) и используемые в кормлении животных с целью повышения их продуктивности и улучшения качества пищевых продуктов животного происхождения. Фитобиотики относятся к природным стимуляторам роста и могут стать заменой антибиотическим аналогичного действия в современном животноводстве [11–13].

Общее воздействие фитобиотиков на организм сельскохозяйственных животных и птицы связано не только с антимикробным эффектом, но и с их положительным влиянием на процессы пищеварения. Фитобиотики стимулируют выработку эндогенных ферментов, улучшая переваримость и усвоение питательных веществ кормов. Многие из них служат природными ароматизаторами, стимулирующими потребление корма, что положительно сказывается на продуктивности животных [14, 15].

Как правило, комплексные препараты оказывают более выраженное действие, чем каждый компонент в отдельности [16, 17].

В своем эксперименте мы использовали СБТ-Лакто и экстракт чабреца.

СБТ-Лакто – комплексный пробиотический препарат, состоящий из натуральных компонентов. Показан для поддержания и восстановления положительной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, повышения переваримости питательных веществ корма, увеличения сохранности молодняка и ремонтного поголовья. Состав: штаммы *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Bacillus subtilis*, клетчатка растительного происхождения, молочная сыворотка.

Фитобиотик экстракт чабреца (тимьяна ползучего) получен методом водно-этанольной экстракции и содержит следующие компоненты: флавононы – 6,39%, дубильные вещества – 2,75, тритерпеноиды – 1,32, тимол – 0,13%.

Цель исследований – установить характер влияния на показатели роста телят пробиотического препарата СБТ-Лакто и фитобиотика экстракта чабреца при их раздельном, а также совместном последовательном скармливании.

Задачи исследования – в экспериментальных условиях по итогам скармливания телятам опытных групп испытуемых препаратов согласно схеме опыта определить абсолютный и среднесуточный приросты массы тела подопыт-

ных животных с биометрической обработкой полученного в ходе опыта цифрового материала и последующими обоснованными выводами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-хозяйственный эксперимент по методу аналогичных групп с соблюдением стандартных методических требований [18] проведен в марте–июне 2022 г. на молочно-товарной ферме отдела «Алтайское экспериментальное сельское хозяйство» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (ФГБНУ ФАНЦА) в с. Черга Шебалинского района Республики Алтай.

Были сформированы по методу пар-аналогов 4 группы новорожденных телят (телочек) – 1 контрольная и 3 опытные, по 7 голов в каждой группе. Продолжительность эксперимента – 3 месяца. Телят взвешивали в начале (при формировании групп) и в конце опыта, определяли абсолютные и среднесуточные приросты массы тела за период исследования индивидуально и в среднем по группам.

Животные контрольной группы получали только основной рацион.

Телятам 1-й опытной группы скармливали 8 г экстракта чабреца на голову 1 раз в сутки с молоком с 22-х по 42-е сутки жизни.

Животные 2-й опытной группы получали 5 г СБТ-Лакто на голову 1 раз в сутки с молоком с 1-х по 21-е сутки жизни.

В 3-й опытной группе телята получали 5 г СБТ-Лакто на голову 1 раз в сутки с молоком, с 1-х по 21-е сутки жизни, затем 8 г экстракта чабреца на голову 1 раз в сутки с молоком с 22-х по 42-е сутки жизни.

Биометрическая обработка полученных в ходе эксперимента цифровых данных была проведена по Н.А. Плохинскому [19] с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Абсолютный и среднесуточный приросты массы тела характеризуют энергию роста животных и являются одними из основных показателей продуктивности молодняка. Все телята, получавшие испытуемые препараты, превосходили по этим показателям контрольных аналогов (таблица).

Показатели роста подопытных телят
Growth indicators of experimental calves

Группа	Масса тела при рождении, кг	Масса тела в возрасте 90 дней, кг	Абсолютный прирост массы тела, кг	Среднесуточный прирост массы тела, г
Контрольная	30,86±0,80	85,71±1,26	54,86±1,77	609,43±19,70
1-я опытная	30,57±0,91	88,14±2,02	57,71±1,31	641,29±14,56
2-я опытная	30,14±0,90	91,86±1,69*	61,71±1,12*	685,71± 12,45*
3-я опытная	31,00±0,97	95,14±1,67**	64,14±1,30**	712,71±14,39**

* $p<0,05$; ** $p<0,01$.

Из анализа данных таблицы следует, что телята 1-й опытной группы в завершающий период эксперимента недостоверно превосходили аналогов из контроля по средней массе тела на 2,84%, абсолютному её приросту – на 5,20 и среднесуточному приросту – на 5,23%.

Средняя масса тела телят к концу исследования во 2-й опытной группе была выше, чем в контрольной, на 6,15 кг, или на 7,18% ($p<0,05$); абсолютный прирост массы тела – на 6,85 кг, или 12,49% ($p<0,05$); среднесуточный прирост – на 76,28 г, или 12,52% ($p<0,05$).

У телят 3-й опытной группы масса тела по сравнению с аналогами из контроля была выше на конец эксперимента на 9,43 кг, или на 11% ($p<0,01$); абсолютный прирост массы тела – на 9,28 кг, или на 16,92% ($p<0,01$); среднесуточный прирост – на 103,28 г, или на 16,95% ($p<0,01$).

Максимальный эффект отмечали у телят 3-й опытной группы при последовательном скармливании им СБТ-Лакто и экстракта чабреца.

Полученные нами результаты согласуются с данными ряда исследователей [3, 7, 13], которые отмечают, что применение биологически активных веществ в постнатальный период жизни способствует стимуляции роста и развития, повышению продуктивности телят.

Можно предположить, что улучшение показателей роста телят опытных групп обусловлено оптимизацией состава микрофлоры желудочно-кишечного тракта под влиянием пробиотического препарата СБТ-Лакто и активизацией процессов пищеварения под воздействием фитобиотика экстракта чабреца, что при их совместном последовательном применении дало синергический эффект.

ВЫВОДЫ

1. Скармливание телятам первого месяца жизни как раздельно, так и совместно последовательно пробиотического препарата СБТ-Лакто и фитобиотика экстракта чабреца улучшает показатели роста животных.

2. Абсолютный прирост массы тела телят 1-й опытной группы, получавших 8 г экстракта чабреца на голову с 22-х по 42-е сутки жизни, был выше, чем в контроле, на 5,20%; во 2-й опытной группе, где животным скармливали 5 г пробиотика СБТ-Лакто на голову с 1-х по 21-е сутки жизни – достоверно выше на 12,49%.

3. Максимальный эффект получен в 3-й опытной группе, где каждому теленку скармливали 5 г пробиотика СБТ-Лакто с 1-х по 21-е сутки жизни и затем 8 г экстракта чабреца с 22-х по 42-е сутки жизни. Абсолютный прирост массы тела животных этой группы высокодостоверно превышал контрольный показатель – на 16,92%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Wegener H.C.* Antibiotics in animal feed and their role in resistance development // Curr. Opin. Microbiol. – 2003. – Vol. 6 (5), P. 439–445. – DOI: 10.1016/j.mib.2003.09.009.
2. *Benefits* and risks of antimicrobial use in food-producing animals / H. Hao, G. Cheng, Z. Iqbal [et al.] // Front. Microbiol. – 2014. – Vol. 5. – P. 288. – DOI: 10.3389/fmicb.2014.00288).
3. *Тюкавкина О.Н., Краснощекова Т.А.* Влияние пробиотика «Витацелл» на показатели роста и гематологический статус телят [Электронный ресурс] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 4 (52). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-probiotika-vitatsell-na-pokazateli-rosta-i-gematologicheskiy-status-telyat (дата обращения: 30.04.2023).
4. *Алексеев И.А., Егоров Р.А.* Иммунологические показатели крови и сохранность телят при использовании пробиотической кормовой добавки «Басулифор» // Вестник Чувашской ГСХА. – 2018. – №4. – С. 38-41.
5. *Наумов Н.М., Свазлян Г.А.* Влияние Bacillus subtilis и его метаболитов на обмен веществ у поросят в период доращивания // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 63–67. – DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10611.
6. *Воробьева Н.В., Попов В.С.* Влияние кормовой добавки с пробиотиком на повышение продуктивности и стимуляцию метаболизма у коров // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 3. – С. 75–78. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10315.
7. *Динамика* приростов у гусей в условиях сочетанной фармакопрофилактики гомобиотиками, пробиотиками на основе рекомбинантных штаммов бацилл и энрофлоксацина / Г.А. Ноздрин, Н.А. Готовчиков, М.С. Яковлева, Н.С. Яковлева, М.В. Лазарева // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 2. – С. 104–110. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-51-2-104-110.
8. *Natural* alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production / R.I. Castillo-Lopez, E.P. Gutiérrez-Grijalva, N. Leyva-López [et al.] // J. Anim. Plant Sci. – 2017. – Vol. 27 (2). – P. 349–359.
9. *Влияние* пробиотика «Ветоспорин» на гематологический статус новорожденных телят / А.В. Андреева, Д.В. Кадырова, Д.Р. Самигуллина, Г.Б. Бозова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – № 211. – С. 21–26.
10. *Оценка* влияния пробиотика ветом 1.1 на некоторые показатели роста и морфобиохимического состава крови телят / С.А. Шевченко, Ю.Н. Федоров, А.И. Шевченко, В.Г. Жданов, Л.И. Суртаева // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 4. – С. 156–161. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-156-161.

11. *Use* of phytogenic products as feed additives for swine and poultry / W. Windisch, K. Schedle, C. Plitzner, A. Kroismayr // J. Anim. Sci. – 2008. –Vol. 86 (Suppl. 14). – P. 140–148. – DOI: 10.2527/jas.2007-0459).
12. *Windisch W., Kroismayr A.* The effect of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics. [Электронный ресурс] // Biomin World Nutrition Forum. – 2007. – URL: https://en.engormix.com/feed-machinery/articles/phytobiotics-on-performance-gut-function-in-monogastrics-t33528.htm (дата обращения: 07.08.2018).
13. *Antimicrobial* activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils / P.J. Delaquis, K. Stanich, B. Girard, G. Mazza // Int. J. Food Microbiol. – 2002. – Vol. 74 (1–2). – P. 101–109. – DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6).
14. *Николаев С.И., Мелихов В.В., Фролова М.В.* Новый вид корма в рационах поросят // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 2. – С. 68.
15. *Эффективность* использования экстракта крапивы двудомной при выращивании цыплят-бройлеров / О.А. Багно, С.А. Шевченко, А.И. Шевченко [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 1. – С. 97–109. – https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-97-109.
16. *Про-* и фитобиотики в кормлении крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, Н.А. Ушакова [и др.] // Известия Оренбургского ГАУ. – 2012. – № 3. – С. 225–228.
17. *Использование* пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) [Электронный ресурс]/ Г.К. Дускаев, Г.И. Левахин, В.Л. Королёв, Ф.Х. Сиразетдинов // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-probiotikov-i-rastitelnyh-ekstraktov-dlya-uluchsheniya-produktivnosti-zhvachnyh-zhivotnyh-obzor (дата обращения: 03.05.2023).
18. *Овсянников А.И.* Основы опытного дела в животноводстве. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
19. *Плохинский Н.А.* Руководство по биометрии для зоотехников. – М.: Колос, 1969. – 256 с.

REFERENCES

1. Wegener H.C., Antibiotics in animal feed and their role in resistance development, *Curr. Opin. Microbiol*., 2003, Vol. 6 (5), pp. 439–445, DOI: 10.1016/j.mib.2003.09.009.
2. Hao H., Cheng G., Iqbal Z., Ai X., Hussain H.I., Huang L., Dai M., Wang Y., Liu Z., Yuan Z., Benefits and risks of antimicrobial use in food-producing animals, *Front. Microbiol.*, 2014, Vol. 5, pp. 288, DOI: 10.3389/fmicb.2014.00288.
3. Tjukavkina O.N., Krasnoshhekova T.A., *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2019, No. 4 (52): https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-probiotika-vitatsell-na-pokazateli-rosta-i-gematologicheskiy-status-telyat (In Russ.).
4. Alekseev I.A., Egorov R.A., *Vestnik Chuvashskoj GSHA*, 2018, No. 4, pp. 38–41. (In Russ.)
5. Naumov N.M., Svazljan G.A., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2021, T. 35, No. 6, pp. 63–67, DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10611. (In Russ.)
6. Vorob'eva N.V., Popov V.S., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2020, T. 34, No. 3, pp. 75–78, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10315. (In Russ.)
7. Nozdrin G.A., Gotovchikov N.A., Jakovleva M.S., Jakovleva N.S., Lazareva M.V., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2019, No. 2, pp. 104–110, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2019-51-2-104-110. (In Russ.)
8. Castillo-Lopez R.I., Gutiérrez-Grijalva E.P., Leyva-López N., López-Martínez L.X., Heredia J.B., Natural alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production, *J. Anim. Plant Sci.*, 2017, Vol. 27 (2), pp. 349–359.
9. Andreeva A.V., Kadyrova D.V., Samigullina D.R., Bozova G.B., *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.Je. Baumana*, 2012, No. 211, pp. 21–26. (In Russ.)
10. Shevchenko S.A., Fedorov Ju.N., Shevchenko A.I., Zhdanov V.G., Surtaeva L.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2018, No. 4, pp. 156–161, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-156-161. (In Russ.)
11. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A., Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry, *J. Anim. Sci*., 2008, Vol. 86 (Suppl. 14), pp. 140–148, DOI: 10.2527/jas.2007-0459.

12. Windisch W., Kroismayr A., The effect of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics, *Biomin World Nutrition Forum*, 2007: https://en.engormix.com/feedmachinery/articles/phytobiotics-on-performance-gut-function-in-monogastrics-t33528.htm.
13. Delaquis P.J., Stanich K., Girard B., Mazza G., Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils, *Int. J. Food Microbiol*., 2002, Vol. 74 (1–2), pp. 101–109, DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00734-6.
14. Nikolaev S.I., Melihov V.V., Frolova M.V., *Vestnik Rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki*, 2009, No. 2, pp. 68. (In Russ.)
15. Bagno O.A., Shevchenko S.A., Shevchenko A.I., Prohorov O.N., Berezina A.S., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2022, No. 1, pp. 97–109, https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-97-109. (In Russ.)
16. Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Ushakova N.A., Pravdin V.G., Kravcova L.Z., *Izvestija Orenburgskogo GAU*, 2012, No. 3, pp. 225–228. (In Russ.)
17. Duskaev G.K., Levahin G.I., Koroljov V.L., Sirazetdinov F.H., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, No. 1, URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-probiotikov-i-rastitelnyh-ekstraktov-dlya-uluchsheniya-produktivnosti-zhvachnyh-zhivotnyh-obzor (data obrashhenija: 03.05.2023). (In Russ.)
18. Ovsjannikov A.I., *Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve* (Basics of experimental business in animal husbandry), Moscow: Kolos, 1976, 304 p.
19. Plohinskij N.A., *Rukovodstvo po biometrii dlja zootehnikov* (A Guide to Biometrics for Animal Scientists), Moscow: Kolos, 1969, 256 p.

УДК: 619:616.98:579:616-078
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-319-326

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПЕРОРАЛЬНОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ ОРНИТОБАКТЕРИОЗА ПТИЦ

[4]**Ф. Ян,** аспирант
[1,2,3]**В.Н. Афонюшкин,** кандидат биологических наук
[1]**В.Ю. Коптев,** кандидат ветеринарных наук
[2]**Я.В. Новик,** кандидат ветеринарных наук
[2]**Л.П. Ермакова,** кандидат ветеринарных наук
[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия
[2]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
[3]Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия
[4]Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: lisocim@mail.ru

Ключевые слова: *Ornithobacterium rhinotracheale*, оральная вакцина, *Bacillus subtilis*, эпитоп, OR77, челночный вектор.

Реферат. *Работа выполнена на базе лаборатории фармакогеномики Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и в секторе молекулярной биологии Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН. ДНК Ornithobacterium rhinotracheale была предоставлена птицефабриками Республики Мордовия Российской Федерации. У пораженных птиц наблюдались воспалительные изменения в гортани, верхней части трахеи и инфраорбитальных синусах, в дыхательных мешках – сгустки фибрина. Патологический материал субкультивировали на сердечно-мозговом бульоне в присутствии антибиотиков. Анализ субклеточной локализации белка OR77 проводился с помощью метода SignalP-6.0. Для поиска B-зависимых эпитопов гена OR77 использовалась база данных иммунных эпитопов (IEDB). Праймеры для клонирования конструировались, моделировался процесс клонирования участков гена OR77, содержащих B-зависимые эпитопы, путем лигирования BamHI, HindIII в полилинкер челночного вектора pBE-S. Проведены эксперименты по клонированию активной эпитопной последовательности белка OR77 O. rhinotracheale в Bacillus subtilis, применению его в пероральной форме для выявления иммунной активности и других возможных побочных реакций. Анализ нуклеотидной последовательности проводили с помощью программы UniproUGENEv. Осуществлена процедура амплификации. Описана перспектива возможного синтезирования новой недорогой и эффективной в эксплуатации вакцины против возбудителя O. rhinotracheale.*

PROSPECTS FOR THE CREATION OF AN ORAL VACCINE AGAINST ORNITHOBACTERIOSIS OF BIRDERS

[4]**F. Jan**, PhD student
[1,2,3]**V.N. Afonyushkin**, PhD in Biological Sciences
[1]**V.Yu. Koptev**, PhD in Veterinary Sciences
[2]**Ya.V. Novik**, PhD in Veterinary Sciences
[2]**L.P. Ermakova**, PhD in Veterinary Sciences
[1] Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS, pos. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia
[2]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
[3]Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine SB RAS, Novosibirsk, Russia
[4]Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
E-mail: lisocim@mail.ru

Keywords: Ornithobacterium rhinotracheale, oral vaccine, Bacillus subtilis, epitope, OR77, shuttle vector.

Abstract. *The work was carried out at the pharmacogenomics laboratory of the Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and in the molecular*

biology sector of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences. Ornithobacterium rhinotracheale DNA was provided by poultry farms of the Republic of Mordovia of the Russian Federation. In affected birds, inflammatory changes were observed in the larynx, upper part of the trachea and infraorbital sinuses, and fibrin clots were observed in the respiratory sacs. Pathological material was subcultured in brain heart broth in the presence of antibiotics. Analysis of subcellular localisation of the OR77 protein was carried out using the SignalP-6.0 method. The immune epitope database (IEDB) was used to search for B-dependent epitopes of the OR77 gene. Primers for cloning were designed, and cloning regions of the OR77 gene containing B-dependent epitopes were simulated by ligating BamHI and HindIII into the polylinker of the shuttle vector pBE-S. Experiments were carried out to clone the active epitope sequence of the O. rhinotracheale OR77 protein in Bacillus subtilis and use it orally to identify immune activity and other possible adverse reactions. Nucleotide sequence analysis was performed using the UniproUGENEv program. The amplification procedure was carried out. The prospect of the possible synthesis of a new, inexpensive, and effective vaccine against the pathogen O. rhinotracheale is described.

Ornithobacterium rhinotracheale является возбудителем орнитобактериоза, который вызывает расстройство дыхания, задержку роста и даже смерть, в основном поражая индеек и кур [1]. Куриное мясо занимает первое место в мире по потреблению, и такой опасный патоген заслуживает особого внимания [2].

Бактерии вида *O. riumrhinotracheale* сравнительно недавно признали в качестве патогенного возбудителя заболевания респираторных путей у значительного числа цыплят и индеек [3].

O. rhinotracheale – грамотрицательная, неподвижная, не образующая спор бактерия, принадлежащая к суперсемейству rPHKV и семейству Flavobacteriaceae. По данным литературы, выделено более 18 серотипов (A-R). Первое сообщение об орнитозе было сделано в Германии в 1981 г. [4]. По сравнению с другими патогенами, по *O. rhinotracheale* было опубликовано очень мало исследований, хотя это очень угрожающее заболевание. Присутствие данного патогена на птицефабриках игнорируется, отсутствуют надлежащие диагностические протоколы, не применяются адекватные меры изоляции и неправильно используются антимикробные препараты, что приводит к неудачному лечению.

Учитывая, что большинство изолятов *O. rhinotracheale* выработали устойчивость к широко используемым лекарствам, иммунизация является лучшим методом профилактики или контроля инфекции *O. rhinotracheale* [5].

На протяжении многих лет проводились исследования различных новых вакцин. В нашем исследовании мы решили выбрать пероральную вакцину с живыми бактериями в качестве носителя. Мы считаем, что пероральное введение легко осуществимо на практике, а также может стимулировать мукозальный иммунитет [6]. Среди носителей пероральных вакцин *Bacillus subtilis* признан относительно экологически чистым носителем, обладающим эффективной системой секреции белков и адаптивным метаболизмом, а также способным производить споры в относительно суровых условиях [7]. Это свойство спор может быть использовано для повышения стабильности и многократного использования вакцин в относительно сложных условиях [8]. Технология отображения поверхности спор успешно применяется в различных производствах, включая вакцины [9].

Кроме того, исследование, проведенное A.A. Al-Seraih et al. [10], показало, что штамм *B. subtilis* обладает пробиотическими свойствами, что делает его подходящей добавкой к рациону домашней птицы. Таким образом, мы считаем, что *B.subtilis* является очень подходящим вектором для разработки вакцины.

Липопротеин Or77 является секретируемым белком [10]. D.F. Schuijffel et al. [11, 12] показали, что в исследованных штаммах нескольких серотипов этот ген присутствует и высококонсервирован, а очищенный Or77 вызывает мощный перекрестный защитный иммунный ответ.

Цель работы – обосновать применение липопротеина Or77 при использовании *B. subtilis* в качестве вектора для разработки пероральной рекомбинантной вакцины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена на базе лаборатории фармакогеномики Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и в секторе молекулярной биологии Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН.

Нуклеотидные последовательности *O. rhinotracheale* были получены из базы данных GenBank после предварительного анализа литературных данных об известных протективных антигенах *O. rhinotracheale* различных серотипов. Анализ нуклеотидной последовательности проводили с помощью программы UniproUGENEv. 43.0, выравнивание последовательности – с помощью AlignX в VectorNTI 8. Модель белка получена из базы данных UniPort [13].

Анализ субклеточной локализации белка OR77 проводился с помощью метода SignalP-6.0 [14].

Для поиска B-зависимых эпитопов гена OR77 использовалась база данных иммунных эпитопов (IEDB) [15].

Далее были сконструированы праймеры для клонирования и смоделирован процесс клонирования участков гена OR77, содержащих B-зависимые эпитопы, путем лигирования BamHI, HindIII в полилинкер челночного вектора pBE-S.

ДНК *O. rhinotracheale* была предоставлена птицефабриками Республики Мордовия Российской Федерации. У пораженных птиц наблюдались воспалительные изменения в гортани, верхней части трахеи и инфраорбитальных синусах, в дыхательных мешках – сгустки фибрина. Патологический материал субкультивировали на сердечно-мозговом бульоне в присутствии антибиотиков ванкомицина (50 мкг/мл) и гентамицина (30 мкг/мл).

Образцы, положительные в диагностическом ПЦР-тесте, использовались для клонирования. ПЦР проводили традиционными методами на амплификаторе «Терцик» (ООО «ДНК-Технология», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании потенциальных антигенов *O. rhinotracheale* мы выбрали липопротеины, белок OR77, следуя литературным данным [12].

Последовательность белка, использованная в данном исследовании, – AIC32820.1, соответствующая последовательность ДНК – KJ621039, 3D-моделирование высоко сходной последовательности белка A0A060IFZ8 (другой серотип), существующей в швейцарской модели (рис. 1), а также выравнивание последовательностей A0A060IFZ8 и AIC32820.1 представлены на рис. 2. Высокая степень сходства показала высокую степень консервативности среди различных серотипов.

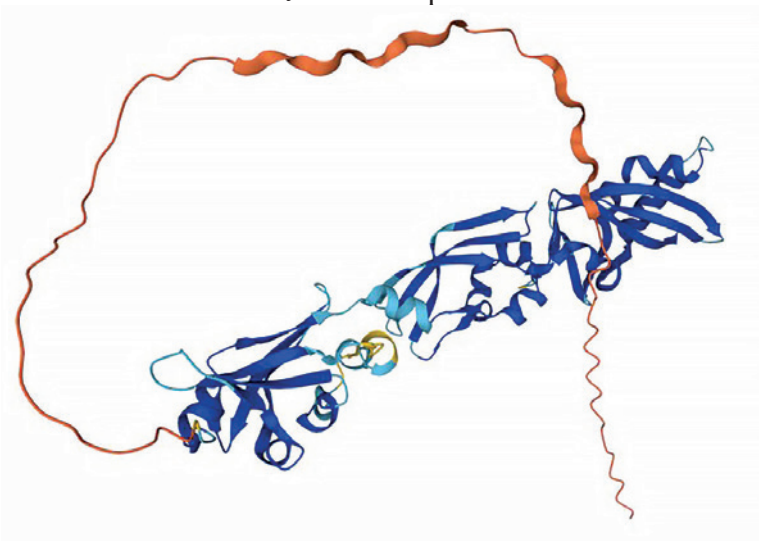


Рис. 1. OR77 из базы данных. Швейцарская модель (UniProt)
OR77 from the database. Swiss model (UniProt)

Примечание. Доверие к модели: темно-синий – очень высокое (pLDDT> 90); светло-синий – уверенное (90 >pLDDT> 70); желтый – низкое (70 >pLDDT> 50); красный – очень низкое (pLDDT< 50)
Note. Confidence in the model: dark blue – very high (pLDDT> 90); light blue – confident (90 >pLDDT> 70); yellow – low (70 >pLDDT> 50); red – very low (pLDDT< 50)

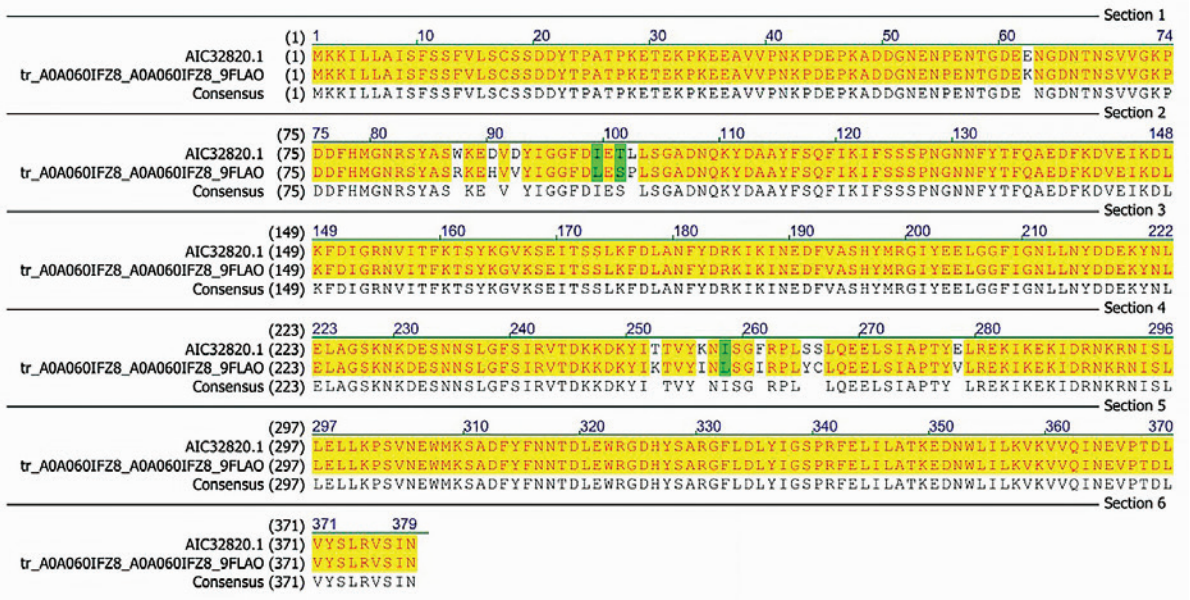


Рис. 2. Выравнивание A0A060IFZ8 и AIC32820.1
Alignment of A0A060IFZ8 and AIC32820.1

Примечание. Желтая часть представляет точное совпадение, зеленая часть – неполное совпадение, но аминокислотные остатки одного класса
Note. The yellow part represents an exact match, and the green part represents an incomplete match, but amino acid residues are of the same class.

Здесь мы используем компьютерный дизайн вакцин для предсказания полученных эпитопов-кандидатов (т.е. антигенной детерминанты) [15].

После некоторого периода отбора мы выбрали белок OR77 в качестве носителя для разработанной вакцины (рис. 3).

Согласно результатам биоинформатического анализа, 5 В-клеточных эпитопов были обнаружены в позициях 19-79, 215-220, 227-234, 244-251 и 286-292 аминокислотных остатков OR77 (табл. 1).

>AIC32820.1 Or77 [Ornithobacterium rhinotracheale]
MKKILLAISFSSFVLSCSSDDYTPATPKETEKPKEEAVVPNKPDEPK
ADDGNENPENTGDEENGDNTNSVVGKPDDFHMGNRSYASWKED
VDYIGGFDIETLLSGADNQKYDAAYFSQFIKIFSSSPNGNNFYTFQA
EDFKDVEIKDLKFDIGRNVITFKTSYKGVKSEITSSLKFDLANFYDRK
IKINEDFVASHYMRGIYEELGGFIGNLLNYDDEKYNLELAGSKNKDE
SNNSLGFSIRVTDKKDKYITTVYKNISGFRPLSSLQEELSIAPTYELR
EKIKEKIDRNKRNISLLELLKPSVNEWMKSADFYFNNTDLEWRGDH
YSARGFLDLYIGSPRFELILATKEDNWLILKVKVVQINEVPTDLVYSL
RVSIN

Рис. 3. Локализация В-клеточных эпитопов lmb по данным биоинформатического анализа
Localisation of B-cell epitopes of lmb, according to bioinformatics analysis

Примечание. Сегменты В-клеточного эпитопа отмечены синим цветом
Note. B cell epitope segments are marked in blue.

Таблица 1

Аминокислотные и нуклеотидные последовательности B-эпитопов OR77 из O. Rhinotracheale
Amino acid and nucleotide sequences of OR77 B epitopes from O. rhinotracheale.

№	Последовательности нуклеотидов	Аминокислотные последовательности
1	AGTGATGATTACACTCCAGCCACACCTAAAGAAACAGAAAAGCCTA AGGAAGAGGCTGTGGTTCCAAATAAGCCAGATGAACCAAAGGCTGA TGATGGAAACGAAAATCCAGAAAACACTGGAGATGAAGAGAATGG AGATAATACAAACTCCGTTGTCGGGAAGCCTGATGATTTCCACATG	SDDYTPATPKETEKPKEEAVVPNKP DEPKADDGNENPENTGDEENGDN TNSVVGKPDDFHM
2	TACGACGATGAGAAATAC	YDDEKY
3	TCAAAAAACAAAGATGAATCCAAT	SKNKDESN
4	ACAGATAAAAAAGATAAGTAT	TDKKDKYI
5	AAAATAGATAGAAATAAAAGA	KIDRNKR

Был проведен анализ субклеточной локализации белка OR77 с использованием метода SignalP-6.0 [14]. Результаты, приведенные на рис. 4, показывают, что белок действительно является секретируемым белком, первая 16-17 аминокислотная последовательность может быть его сигнальным пептидом. Это также соответствует длинному B-клеточному эпитопу, начиная с аминокислоты 19 и далее на рисунке выше. Учитывая, что используемый нами вектор pBE-S содержит последовательность сигнального пептида aprE SP, не было необходимости клонировать область сигнального пептида, поэтому мы смогли клонировать первую антигенную часть B-эпитопа непосредственно при конструировании праймеров. Затем мы использовали векотор pBE-S для импорта компоновки, содержащей эпитоп, в *B.subtilis*, и провели эксперименты на цыплятах, чтобы убедиться в наличии иммунного ответа у животных.

Праймеры, которые мы использовали для клонирования этого гена, приведены в табл. 2.

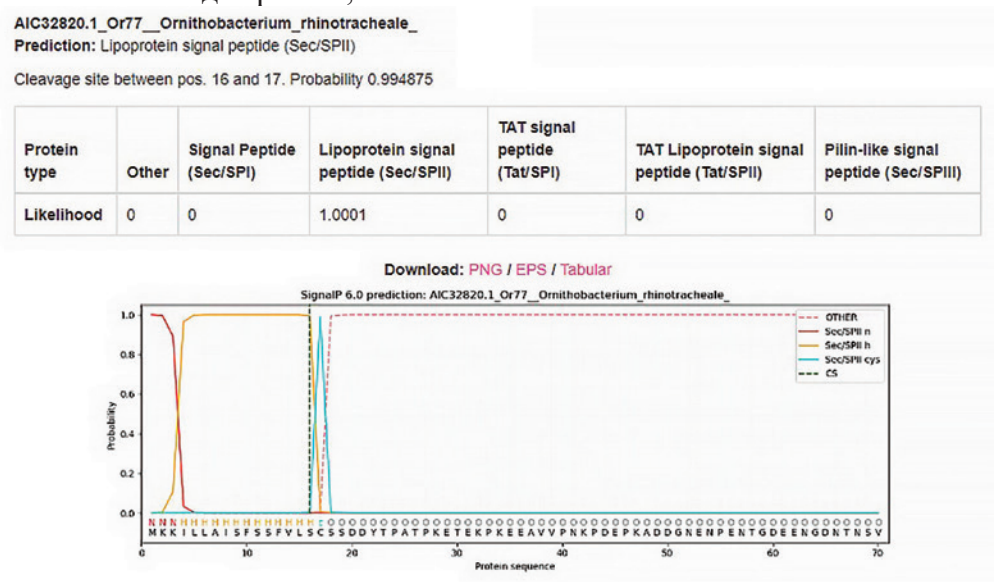


Рис. 4. Анализ субклеточной локализации белка OR77
Analysis of OR77 protein subcellular localisation

Примечание. n-область: n-концевая область сигнального пептида. Представлена для Sec/SPI, Sec/SPII, Tat/SPI и Tat/SPII. Обозначена как N; h-регион: центральная гидрофобная область сигнального пептида. Представлена для Sec/SPI, Sec/SPII, Tat/SPI и Tat/SPII. Обозначен как H; c-регион: C-концевая область сигнального пептида, указана для Sec/SPI и Tat/SPI; цистеин: консервированный цистеин в +1 участке расщепления липопротеинов, которая используется для липидирования. Обозначен как c; твин-аргининовый мотив: мотив двойного аргинина в конце n-области, характерный для сигнальных пептидов Tat. Обозначен как R.
Note. N-region: The N-terminal region of the signal peptide. Available for Sec/SPI, Sec/SPII, Tat/SPI and Tat/SPII. Designated as N; h-region: the central hydrophobic region of the signal peptide. Available for Sec/SPI, Sec/SPII, Tat/SPI and Tat/SPII. Designated as H; c-region: C-terminal region of the signal peptide, indicated for Sec/SPI and Tat/SPI; cysteine: conserved cysteine at the +1-lipoprotein cleavage site, which is used for lipidation. Denoted as c; twin-arginine motif: a double-arginine motif at the end of the n-region, characteristic of Tat signal peptides. It is designated as R.

Таблица 2

Праймеры, применяемые в исследовании
Primers used in the study

№ n/n	Название	Последовательность
1	Fwd Or77_ORT	5’-**gagGGATCCgcg**AGTGATGA TTACACTCCAGCCACACC-3’
2	Rev Or77_ORT	5’-**gacAAGCTTggg**CATGTGGA AATCATCAGGCTTCCC -3’

Примечание. Жирным шрифтом указана последовательность, необходимая для клонирования в плазмиды pBE-S с помощью рестректазы BamH I и Hind III, обычным шрифтом обозначены последовательности, специфичные к участкам гена OR77; строчные буквы – защитные основания, заглавные буквы последовательности 1 – сайт разрезания фермента рестрикции BamHI, заглавные буквы последовательности 2 – сайт разрезания фермента рестрикции HindIII
Note. Bold font indicates the sequence required for cloning into pBE-S plasmids using BamH I and Hind III restrictase; regular font indicates sequences specific to regions of the OR77 gene; lowercase letters – protective bases, uppercase letters of sequence 1 – BamHI restriction enzyme cutting site, uppercase letters of sequence 2 – HindIII restriction enzyme cutting site.

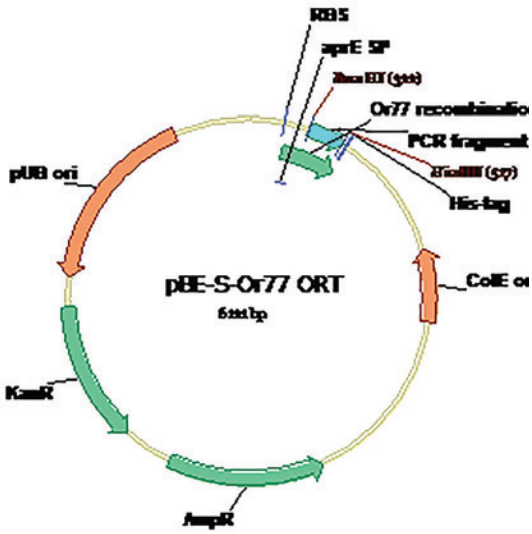


Рис. 5. Plasmid vector pBE-S map with insert OR77
Plasmid vector pBE-S map with insert OR77

Примечание. pUBori – ориджин для рода *Bacillus*, (сайт старта начала репликации плазмиды); ColE1 ori – ориджин для *E. coli*; KanR – ген устойчивости к канамицину (экспрессируется в бактериях рода *Bacillus*); AmpR – ген устойчивости к ампициллину (экспрессируется в *Escherichia coli*); His-tag – гистидиновый хвост на никелевых колонках для выделения рекомбинантного белка; Hind lll, BamHl – сайты рестрикции; OR77 recomnbination – фрагмент антигена *OR77*; aprESp – *B. subtilis* secretory signal peptide; RBS – промотерная область для экспрессии белка у микроорганизмов рода *Bacillus.*
Note. pUBori – origin for the *genus Bacillus* (start site for the start of plasmid replication); ColE1 ori – origin *for E. coli*; KanR – kanamycin resistance gene (expressed in bacteria of the *genus Bacillus*); AmpR – ampicillin resistance gene (expressed in *Escherichia coli*); His-tag – histidine tail on nickel columns for isolating recombinant protein; Hind lll, BamHl – restriction sites; OR77 recombination – fragment of the OR77 antigen; aprESp – *B. subtilis* secretory signal peptide; RBS is a promoter region for protein expression in microorganisms of the genus *Bacillus.*

Процедура амплификации проводилась следующим образом: при температуре 95 ºС в течение 3 мин, затем 30 циклов по 10 с при 95 ºС, 67 ºС в течение 30 с, 72 ºС в течение 20 с.

Челночный вектор pBE-S способен экспрессировать рекомбинантный белок в клетках *B.subtilis*, а также имеет дополнительное начало для репликации в клетках *E. coli*. Разработанные нами праймеры имеют дополнительные сайты рестрикции BamHI и Hind III, что позволяет клонировать найденные эпитопы в полилинкер этого вектора (рис. 5), включая их амплификацию из первичных изолятов *O. rhinotracheale* и патологического материала.

ВЫВОДЫ

1. Доказанная безопасность *B. subtilis* для человека и животных позволяет разрабатывать пробиотические препараты, которые можно использовать в качестве биологически активной добавки для бройлеров.

2. B. subtilis может стимулировать реакции специфического иммунитета и усиливать инвазивность через слизистые барьеры кишечника и носоглотки.

3. Проанализированные данные обосновывают возможность использования энтероинвазивных штаммов *B. subtilis* в качестве пероральной вакцины, содержащей эпитопы рекомбинантного белка OR77, против орнитобактериоза.

Работа выполнена при поддержке Китайского стипендиального совета (CSC), гранта № 22-26-20118 Российского научного фонда «Изучение возможных механизмов формирования протективного иммунного ответа в отношении некоторых инфекционных агентов свиней и кур при пероральном введении штамма-продуцента антигенов на основе микроорганизмов рода *Bacillus*» и финансовой поддержке Министерства науки и инновационной политики Новосибирской области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Numee S., Hauck R., Hafez H.M.* Detection and typing of Ornithobacterium rhinotracheale from German poultry flocks // Avian Dis. – 2012. – Vol. 56, N 4. – P. 654–658.
2. *Meat* Consumption and Sustainability / Yilmaz Önal H. [et al.]; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Derg. – 2021.
3. *Курьянова Н.Х.* Биологические свойства бактерий вида Ornithobacterium rhinotracheale – возбудителей орнитобактериоза птиц // Научный вестник Технологического института – филиала ФГБОУВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. – 2013. – № 11. – С. 60–64. – EDN: QBCWLH.
4. *Ornithobacterium* rhinotracheale: An update review about an emerging poultry pathogen / E.V. Barbosa [et al.] // Vet Sci. – 2020. – Vol. 7, N 1.
5. *In vitro* susceptibility of Ornithobacterium rhinotracheale to several antimicrobial drugs / V.E. Soriano [et al.] // Avian Dis. – 2003. – Vol. 47, N 2. – P. 476–480.
6. *Oral* administration of a streptococcal antigen coupled to cholera toxin B subunit evokes strong antibody responses in salivary glands and extramucosal tissues / Czerkinsky C. [et al.] // Infect Immun. – 1989. – Vol. 57, N 4. – P. 1072–1077.
7. *Bacillus subtilis*: A universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine / Su Y. [et al.] // Microb Cell Fact. BioMed Central. – 2020. – Vol. 19, N 1. – P. 1–12.
8. *Hagmann M.* Computers Aid Vaccine Design // Science (80-). – 2000. – Vol. 290, N 5489. – P. 80–82.
9. *Chen H., Ullah J., Jia J.* Progress in Bacillus subtilis Spore Surface Display Technology towards Environment, Vaccine Development, and Biocatalysis // J Mol Microbiol Biotechnol. – 2017. – Vol. 27, N 3. – P. 159–167.
10. *Effect* of Bacillus subtilis as a Probiotic on the Productive and Physiological Performance of Broilers / A.A. Al-Seraih [et al.] // Arch Razi Inst. – 2022. – Vol. 77, N 5. – P. 1647–1653.
11. *Successful* selection of cross-protective vaccine candidates for Ornithobacterium rhinotracheale infection / D.F. Schuijffel [et al.] // Infect Immun. – 2005. – Vol. 73, N 10. – P. 6812–6821.
12. *Vaccine* potential of recombinant Ornithobacterium rhinotracheale antigens / D.F. Schuijffel [et al.] // Vaccine. – 2006. – Vol. 24, N 11. – P. 1858–1867.
13. URL: https://www.uniprot.org. (дата обращения: 19.06.2023).
14. URL: https://services.healthtech.dtu.dk/services/SignalP-6.0, (дата обращения: 19.06.2023).
15. URL: https: www.iedb.org.(дата обращения: 19.06.2023).

REFERENCES

1. Numee S., Hauck R., Hafez H.M., Detection and typing of Ornithobacterium rhinotracheale from German poultry flocks, *Avian Dis*, 2012, Vol. 56, No. 4, pp. 654–658.
2. Yilmaz Önal H. [et al.], Meat Consumption and Sustainability, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarımve Doğa Derg*, 2021.

3. Kur'yanova N.H., *Nauchnyj vestnik Tekhnologicheskogo instituta – filiala FGBOU VPO Ul'yanovskaya GSKHA im. P.A. Stolypina*, 2013, No. 11, pp. 60–64, EDN: QBCWLH. (In Russ.)
4. Barbosa E.V. [et al.], Ornithobacterium rhinotracheale: An update review about an emerging poultry pathogen, *Vet Sci.*, 2020, Vol. 7, No. 1.
5. Soriano V.E. [et al.], In vitro susceptibility of Ornithobacterium rhinotracheale to several antimicrobial drugs, Avian Dis, 2003, Vol. 47, No. 2, pp. 476–480.
6. Czerkinsky C. [et al.], Oral administration of a streptococcal antigen coupled to cholera toxin B subunit evokes strong antibody responses in salivary glands and extramucosal tissues, *Infect Immun*, 1989, Vol. 57, No. 4, pp. 1072–1077.
7. Su Y. [et al.], Bacillus subtilis: A universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine, Microb Cell Fact. BioMed Central, 2020, Vol. 19, No. 1, pp. 1–12.
8. Hagmann M., Computers Aid Vaccine Design, *Science (80-)*, 2000, Vol. 290, No. 5489, pp. 80–82.
9. Chen H., Ullah J., Jia J., Progress in Bacillus subtilis Spore Surface Display Technology towards Environment, Vaccine Development, and Biocatalysis, *J Mol Microbiol Biotechnol*., 2017, Vol. 27, No. 3, pp. 159–167.
10. Al-Seraih A.A. [et al.], Effect of Bacillus subtilis as a Probiotic on the Productive and Physiological Performance of Broilers, *Arch Razi Inst*, 2022, Vol. 77, No. 5, pp. 1647–1653.
11. Schuijffel D.F. [et al.], Successful selection of cross-protective vaccine candidates for Ornithobacterium rhinotracheale infection, Infect Immun, 2005, Vol. 73, No. 10, pp. 6812–6821.
12. Schuijffel D.F. [et al], Vaccine potential of recombinant Ornithobacterium rhinotracheale antigens, Vaccine, 2006, Vol. 24, No. 11, pp. 1858–1867.
13. https://www.uniprot.org. [data obrashcheniya 19.06.2023].
14. https: //services.healthtech.dtu.dk/ services/ SignalP-6.0. [data obrashcheniya 19.06.2023].
15. https: /www.iedb.org.[data obrashcheniya 19.06.2023].

ХРОНИКА. СОБЫТИЯ. ФАКТЫ

УДК:33.338
DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-327-333

НАРКОМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РСФСР ЭПОХИ НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ (1921-1928)

[1]**А.С. Донченко,** доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН

[2]**С.А. Папков**, доктор исторических наук, профессор

[3]**Е.В. Рудой,** доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАН

[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

[2]Институт истории Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия

[3]Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Ключевые слова: крестьянство, сельское хозяйство, новая экономическая политика, Наркомат земледелия, В.Г. Яковенко, А.П. Смирнов.

Реферат. *Представлен анализ глубоких аграрных преобразований в России в начале 1920-х гг. с участием Народного комиссариата земледелия и его наркомов – В.Г. Яковенко и А.П. Смирнова. Дается объяснение причин пересмотра большевистской модели развития России в 1921 г., выразившейся в переходе к нэпу как политике частичного «отступления к государственному капитализму». Отмечаются экономические приоритеты и основные элементы новой аграрной политики: допущение торговой и хозяйственной свободы для крестьян, восстановление денежного оборота, многообразие форм землепользования в деревне, аренда земли, использование наемного труда при сохранении государственной монополии на землю. В контексте происходивших преобразований рассматривается участие наркомов земледелия, их роль и влияние в процессе восстановления сельского хозяйства России, в поиске эффективных путей развития отрасли. Воспроизводятся наиболее важные факты личной биографии наркомов. На фоне последовательной реализации нэпа в сельском хозяйстве отмечаются также рецидивы эпохи Гражданской войны в виде окончательного разрушения крупных помещичьих хозяйств. Несмотря на это, накануне завершения восстановительного процесса и победы курса на коллективизацию Наркомзем оставался сторонником государственной поддержки крепких индивидуальных хозяйств и их кооперирования, выступал за исключение административных мер в отношениях с крестьянством.*

PEOPLE'S COMMISSARS OF AGRICULTURE OF THE RSFSR IN THE ERA OF THE NEW ECONOMIC POLICY (1921-1928)

[1]A.S. Donchenko, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the RAS

[2]S.A. Papkov, Doctor of Historical Sciences, Professor

[3]E.V. Rudoy, Doctor of Economics, Professor, Corresponding Member of the RAS

[1]Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS, r.p. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

[2]Institute of History, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

[3]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

Keywords: peasantry, agriculture, new economic policy, People's Commissariat of Agriculture, V.G. Yakovenko, A.P. Smirnov.

Abstract. *The article analyses deep agrarian transformations in Russia in the early 1920s. With the participation of the People's Commissariat of Agriculture and its people's commissars - V.G. Yakovenko and A.P. Smirnova. An explanation is given for revising the Bolshevik model of Russian development in 1921, expressed in the transition to the NEP as a policy of partial "retreat to state capitalism." Economic priorities and the main elements of the new agricultural policy are noted: allowing trade and financial freedom for peasants, restoring money circulation, diversity of forms of land use in the countryside, renting land, and using hired labour while maintaining a state monopoly on land. In the context of the ongoing transformations, the participation of the People's Commissars of Agriculture and their role and influence in restoring Russian agriculture in the search for effective ways to develop the industry is considered. The most important facts of the personal biography*

of the People's Commissars are reproduced. Against the backdrop of the consistent implementation of NEP in agriculture, there are also relapses from the Civil War era in the form of the final destruction of large landowner farms. Despite this, on the eve of the completion of the restoration process and the victory of the collectivisation course, the People's Commissariat of Agriculture supported state support for individual solid farms and their cooperation. It advocated the exclusion of administrative measures concerning the peasantry.

Отечественная литература о нэпе охватывает огромный спектр социально- экономических и политических процессов, пережитых Россией в первой половине XX столетия. В этом историографическом потоке значительное место занимают публикации о крупных советских деятелях, с именами которых связаны революционные перемены в народном хозяйстве, в общественной, политической и духовной жизни страны. Важное внимание в публикациях уделяется также описанию роли советских руководителей, возглавлявших наркомат земледелия в период формирования и укрепления советской власти [1–7]. В представленной статье, используя новые возможности интерпретации, ставится задача рассмотреть процесс восстановления сельского хозяйства России и участие в нем двух наркомов земледелия – Василия Яковенко и Александра Смирнова, чья деятельность совпала с реализацией нэпа. Вместе с тем важно проанализировать и факты личной биографии этих людей.

Переход к новой экономической политике весной 1921 г. оказался одним из самых драматических событий в ранней советской истории. Его глубокий смысл заключался не просто в смене хозяйственных приоритетов, повлекших за собой возврат к рыночным отношениям и товарно-денежным инструментам в экономической жизни. Он означал кризис самой модели развития государства, которую Ленин и его партия рассчитывали незамедлительно внедрить после захвата власти. Лидерам большевизма пришлось признать горькую истину: коммунистические начала и принципы невозможно ввести посредством декретов, а без торговли и денег экономика не работает.

Осенью 1923 г., накануне обострения болезни и потери речи, Ленин поделился со своими секретарями личной оценкой причин перехода к нэпу. Он говорил: «Конечно, мы провалились. Мы думали осуществить новое коммунистическое общество по щучьему велению. Между тем, это вопрос десятилетий и поколений. Чтобы партия не потеряла душу, веру и волю к борьбе, мы должны изображать перед ней возврат к меновой экономике, к капитализму как некоторое временное отступление. Но для себя мы должны ясно видеть, что попытка не удалась, что так вдруг переменить психологию людей, навыки их вековой жизни нельзя. Можно попробовать загнать население в новый строй силой, но вопрос еще, сохранили ли бы мы власть в этой всероссийской мясорубке» [8].

Система нэпа кардинально меняла основы хозяйственного развития, прежде всего, в сельской экономике. Вместо продразверстки, служившей ключевым инструментом в отношениях с крестьянством, вводился продналог, значительно меньший по размерам изъятия прибавочного продукта. За этим последовало упразднение заградительных отрядов на гужевых, железнодорожных и водных путях сообщения, препятствовавших свободному перемещению сельхозпродукции и товаров по стране. Отменены принудительные меры государственного регулирования крестьянского труда в виде попыток введения обязательных размеров посева для каждого двора и обязательных хозяйственных культур. А затем была провозглашена свобода крестьянской торговли, разрешение аренды земли и восстановление товарообменных операций в остальных областях экономики.

В этих условиях важное значение для успешной работы правительства приобретала фигура наркома земледелия как основного организатора работы управленческого аппарата в сельском хозяйстве. Однако здесь дела обстояли не совсем благополучно. После ухода с поста наркома С.П. Середы руководство Наркомземом РСФСР перешло к его заместителям – Н. Осинскому (В.В. Оболенскому) и И.А. Теодоровичу, между которыми возникали постоянные трения с взаимными жалобами в Совнарком [4, с. 36]. Между тем продовольственное положение в стране становилось все хуже и в ряде районов разразился массовый голод.

Уже в период работы X съезда РКП(б) весной 1921 г. Ленин стал подыскивать новую кандидатуру на пост наркома земледелия. Его позиция, выраженная в решении Политбюро ЦК РКП(б), состояла в том, что «политическо-административное руководство должно принадлежать т. Осинскому, в качестве наркома должен быть крестьянин, практически работающий в земледелии» [10, т. 54, с. 563].

После запроса мнения ряда членов большевистского руководства и изучения анкетных данных претендентов предварительный выбор Ленина остановился на фигуре сибирского крестьянина, бывшего красного партизана, председателя Канского уездного исполкома В.Г. Яковенко. Однако процедура назначения нового наркома сильно затянулась. Имея на руках рекомендации нескольких авторитетных большевиков, Ленин из-за болезни и других обстоятельств еще более полугода не мог принять окончательного решения. Семнадцатого декабря 1921 г. он получил от заместителя наркома И.А. Теодоровича письмо, в котором сообщалось: «Дорогой Владимир Ильич! Позвольте сказать несколько слов по вопросу о наркоме земледелия из крестьян. В числе возможных кандидатов на этот пост разрешите назвать одну фигуру, на мой взгляд, имеющую к этому много данных. Это Василий Григорьевич Яковенко, сибиряк, крестьянин села Тасеево, Канского уезда… По внешним данным, это – мужик, рослый, могучий, волосатый бородач от сохи, влюбленный в “землю”… Человек этот имеет интересную биографию… Я имел – скажу прямо, “счастье”, будучи подчиненным Яковенку “партизаном”, наблюдать его работу в течение года “партизанства” и полугода (в 1920 г., январь – август) при Советской уже власти. […] На мой взгляд, он будет очень уместен на посту мужицкого наркома. Его дисциплинированность, преданность Советской власти – вне сомнений». Теодорович отмечал также знание Василием Григорьевичем «мужицкой души, крестьянского быта», его «кровную связь с деревней», «безупречное личное, героическое прошлое» [3, с. 112; 4, с. 37].

По предложению Ленина 26 декабря 1921 г. Политбюро ЦК РКП(б) наконец утвердило кандидатуру нового наркома, и 9 января 1922 г. это назначение было закреплено решением ВЦИК.

В. Г. Яковенко родился в 1889 г. в селе Тасеево Канского уезда Енисейской губернии в крестьянской семье. В детском возрасте он потерял отца и вынужден был работать батраком. Систематического образования не получил, самостоятельно освоил лишь общую грамоту. Достигнув 20 лет, Василий Григорьевич был призван в армию, а позднее стал участником Первой мировой войны, командовал взводом в чине унтер-офицера. В июле 1917 г. он вступил в ряды большевистской партии, в период Гражданской войны стал активным участником и руководителем партизанского движения против Колчака в Енисейской губернии [5, с. 118].

Работа на посту наркома земледелия стала для Яковенко непродолжительным, но одним из самых сложных и динамичных периодов в его жизни. Не только для наркома, но и для всей большевистской партии наступило время поиска выхода из того тупика, в который завели экономику коммунистические проекты.

Трудности состояли в том, что в условиях свободной торговли перемены в аграрной сфере приобрели стихийный характер и фактически вышли из-под контроля советского государства. Первоначальный нэповский замысел большевиков – ввести прямой (безденежный) «социалистический продуктообмен» на основе декрета СНК от 7 апреля 1921 г. путем объединения всех граждан РСФСР в кооперативы для распределения продуктов и предметов широкого потребления [9, с. 248–250] – провалился. Крахом закончилась и следующая попытка – ввести непосредственный государственный товарообмен в натуральной форме. В глазах партии нэп все более принимал непредвиденные формы и представлялся как обычный возврат к «капитализму».

В октябре 1921 г. на Московской партконференции Ленин вынужден был признать: «С товарообменом ничего не вышло, частный рынок оказался сильнее нас, и вместо товарообмена получилась обыкновенная купля-продажа, торговля. Потрудитесь приспособиться к ней, иначе стихия купли-продажи, денежного обращения захлестнет вас! Вот почему мы находимся в положении людей, которые вынуждены все еще отступать, чтобы в дальнейшем перейти

наконец в наступление. Вот почему в данный момент сознание того, что прежние приемы экономической политики ошибочны, должно быть среди нас общепризнанным» [10, с. 208].

Восстановление сельской экономики путем адаптации ее к рыночным отношениям стало основной задачей наркома В.Г. Яковенко и его аппарата.

Чтобы принципы нэпа получили необходимое развитие в сельском хозяйстве, потребовалось, прежде всего, изменить формы распоряжения землей. На этом основании 22 мая 1922 г. при участии наркомата земледелия был принят закон о трудовом землепользовании, совпавший по времени издания с исторической датой декрета об основных частных имущественных правах [11, ст. 426]. Устанавливая свободу выбора форм землепользования и широкое право выхода из общины без ее согласия, с выделением отрубного участка земли, Закон от 22 мая придавал крестьянскому землепользованию строго правовой характер: «никто из трудовых землепользователей не может быть лишен земли, кроме случаев, прямо указанных в законе». В октябре 1922 г. положения этого закона получили отражение также в Земельном кодексе РСФСР.

Таким образом, внедряемое законодательство, по сути, служило продолжением прогрессивной столыпинской аграрной реформы, одной из целей которой являлось упразднение общинного землепользования.

Нарком Яковенко был твердым и последовательным сторонником принципов новой экономической политики. На официальных собраниях и встречах с представителями крестьянских масс он активно пропагандировал преимущества нэпа, выступал за распространение доступного сельскохозяйственного кредита для крестьян и организацию простых видов сельской кооперации, защищал интересы деревни от вмешательства бюрократии [12, с. 20–22].

Как одаренный от природы, но не получивший необходимого образования, Василий Григорьевич постоянно учился, приобретал новые знания, творчески осваивал большой объем литературы по сельскому хозяйству и экономике. Современники отмечают, что вся его квартира и кабинет были завалены книгами и брошюрами по агрономии, животноводству, землепользованию [3, с. 119].

Занимая пост руководителя одного из крупнейших наркоматов в большевистском правительстве, Яковенко активно привлекал к разработке и обсуждению государственных проектов авторитетных экономистов и ученых, в том числе так называемых «буржуазных специалистов» – Б.Д. Бруцкуса, А.В. Чаянова и др. В то время, когда перспективы нэпа до конца не были ясны, и в руководстве РКП(б) шли дискуссии о границах допущения «капитализма», подобные действия являлись необходимостью, но в некоторых случаях они приводили к обострению идеологических разногласий, бросавших тень и на положение наркома земледелия. Одним из таких случаев стала публикация в газете Наркомзема «Сельскохозяйственная жизнь» нескольких статей с критикой декрета ВЦИК и СНК «О едином натуральном налоге на продукты сельского хозяйства на 1922-23 гг.».

Позиция газеты Наркомзема вызвала протест со стороны Наркомпрода. В письме секретарю ЦК РКП(б) И.В. Сталину зам. наркома продовольствия А.И. Свидерский заявил, что «такое выступление газеты, распространяемой в деревне, срывает важнейшую работу компрода по составлению налоговых списков на местах, имеющих решающее значение во всей налоговой кампании», и просил принять меры. На жалобу Свидерского последовала реакция Ленина и Политбюро. Ленин посчитал, что критические статьи были написаны правыми эсерами и потребовал сместить редактора газеты [10, т. 54, с. 262, 646; 4, с. 40]. С июня 1922 г. «Сельскохозяйственная жизнь» перестала издаваться.

В апреле 1923 г., после полутора лет работы, В.Г. Яковенко оставил пост наркома земледелия. С декабря 1924 г. он стал руководителем Наркомата социального обеспечения РСФСР и занимал эту должность до октября 1926 г., являясь также членом Центральной контрольной комиссии РКП(б). Позднее работал в приемной председателя ВЦИК М.И. Калинина; с 1935 г. был сначала членом совета Научно-исследовательского института новых лубяных культур при Наркомземе СССР, а затем директором этого института.

Девятого февраля 1937 г. Яковенко был арестован. Ему предъявили обвинение в активном участии в контрреволюционной террористической повстанческой организации в Сибири, действовавшей под руководством центра правых во главе с Бухариным [6, с. 130]. Двадцать девятого июля 1937 г. состоялся суд Военной коллегии Верховного суда СССР. В течение 20 минут было зачитано обвинение и вынесен приговор к высшей мере наказания с конфискацией имущества. В тот же день Василий Григорьевич был казнен. Реабилитирован в июне 1956 г.

После отставки Яковенко новым наркомом земледелия РСФСР стал Александр Петрович Смирнов – член большевистской партии с 1896 г., прошедший суровый путь революционных боев, арестов и ссылок. Автор историко-биографического исследования В.И. Черноиванов справедливо отмечает, что назначение бывшего подпольщика и ветерана партии на эту должность следует рассматривать как отказ от непродолжительной попытки иметь во главе Наркомзема управленца-хозяйственника и возврат к политическому руководству этой важнейшей отраслью народного хозяйства [4, с. 47]. В самом деле, в отличие от своего предшественника, Смирнов имел большой опыт революционной борьбы, с 1922 г. был членом ЦК партии и, как истинный большевик, несколько иначе оценивал интересы аграриев, пути и методы развития сельского хозяйства. Уже в первый год пребывания на посту наркома он отменил некоторые решения, принятые по инициативе Яковенко, в частности, отозвал предложение о создании межреспубликанского совета по координации аграрных преобразований по СССР. Но особенно показательными были его действия духе «военного коммунизма». Так, в ноябре 1924 г. Смирнов разослал уполномоченным Наркомзема, областным и губернским земельным управлениям секретный циркуляр (опубликован В.И. Черноивановым [4, с. 63-64]). В этом документе говорилось:

«Со времени моего вступления в управление Наркомземом я, в отмену циркуляра Наркомзема № 13 от 1918 г., неоднократно указывал Вам на необходимость выселения бывших помещиков и крупных землевладельцев из бывших имений. Между тем, поступившие с мест сведения... показывают, что большинство земорганов не прониклось духом и целью моих распоряжений, и выселение помещиков проходит весьма слабо. Приказываю Вам, под личной Вашей ответственностью ускорить работы по выселению бывших помещиков с тем, чтобы эта работа с уборкой урожая 1925 г. была закончена. При проведении этой работы руководствоваться следующим:

1. Всех бывших помещиков и крупных землевладельцев, пользующихся землей в бывших своих имениях единолично или в составе артелей, не оформивших своих прав, – выселить в административном порядке…

2. Всех бывших помещиков и крупных землевладельцев, всеми правдами и неправдами оформивших свои права на землю, выселить из их бывших имений, используя для этого все имеющиеся в Вашем распоряжении средства.

3. Выселение не должно влечь за собой никаких расходов и возмещений со стороны правительства.

4. Выселение не должно касаться крестьян, приобретших в дореволюционное время землю через бывший Крестьянский Поземельный Банк с рассрочкой платежа и по нормам Устава этого Банка, пользующихся в настоящее время землей по трудовой норме.

5. Выселение может коснуться только тех из вышеупомянутых 63 крестьян, хозяйство которых и по своим размерам и формам эксплуатации было сходно с помещичьим хозяйством, которые сами на земле не работали и не снискали себе благожелательного отношения крестьян.

6. Выселяемые в этом порядке земледельцы-кулаки могут быть вновь наделены землей лишь за пределами своих губерний…».

Но подобные рецидивы Гражданской войны не могли отменить поступательного развития нэпа. Основные пределы новой политики вполне определились и выражались в незыблемости принципа национализации земли, свободе выбора форм крестьянского землепользования, развитии денежного оборота, допущении земельной аренды и наемного труда. Эти основания предстояло лишь развивать и наполнять соответствующим содержанием.

А.П. Смирнов продолжал вести аппарат Наркомзема по пути дальнейшего использо-

вания государственных механизмов для восстановления аграрной экономики. Особое внимание в своей деятельности он придавал техническому оснащению сельского хозяйства. В 1923–1924 гг. была установлена твердая розничная цена на сельскохозяйственные орудия и машины; на счет государства приняты потери промышленности и торгующих организаций от продажи населению сельскохозяйственного инвентаря по декретированным ценам ниже себестоимости; населению предоставлен длительный (до 5 лет) льготный кредит из 6 % годовых; на кредитование машиноснабжения выделены специальные кредиты [4, с. 550]. Вместе с тем стали существенно увеличиваться закупки сельхозтехники за рубежом.

Как нарком земледелия и политический деятель, Смирнов являлся сторонником последовательных мер восстановления сельского хозяйства и был противником административных действий в отношении крестьянства. В отличие от троцкистов, а также сталинского большинства в ЦК и Политбюро он выступал за преобразования в деревне не путем ускоренной коллективизации, а поощрения крепкого трудового хозяйства и внутри крестьянского накопления, создавая на селе прочные кооперативные организации и машинные товарищества. Для этого, считал он, необходимо увеличить вложения в сельское хозяйство и уменьшить в другие отрасли.

Такие взгляды оказались в глубоком противоречии с линией, победившей внутри руководства партии и ориентированной на проведение индустриализации за счет крестьянских масс, т.е. посредством резкого снижения закупочных цен на сельхозтовары. В декабре 1928 г. Смирнов был переведен с поста наркома земледелия на более высокий пост. Он стал заместителем председателя Совнаркома РСФСР и одновременно секретарем ЦК ВКП(б). Но разногласия со Сталиным и его окружением приняли уже необратимый характер. В начале 1930-х гг. на встречах и в частных разговорах с единомышленниками Смирнов остро критиковал сталинскую политику, вызвавшую разрушение рынка и огромные диспропорции в народном хозяйстве. Это послужило завершению его карьеры. На пленуме ЦК ВКП(б) в 1933 г. Смирнов и два других высокопоставленных большевика – Эйсмонт и Толмачев – были обвинены в создании антипартийной группировки. Смирнова вывели из состава ЦК, а его товарищей исключили из партии [13, с. 531–532]. В 1934 г. после убийства Кирова из партии был исключен и Смирнов.

Финал наступил в 1937 г. В марте Александр Петрович был арестован, а спустя год приговорен к высшей мере наказания и расстрелян. Реабилитирован в 1958 г.

Новая экономическая политика стала важным этапом в политической и экономической истории России. Она позволила восстановить довоенный уровень развития народного хозяйства и поднять благосостояние граждан. За несколько лет в российской деревне произошло огромное перераспределение земли по уравнительному принципу, масса крестьян впервые вышла из нужды, а экономика страны стала стабильно получать необходимые продовольственные и сырьевые товары. Значительную роль в этом сыграли мероприятия в аграрной сфере с участием наркомов Яковенко и Смирнова. Но для последующего развития политического курса ни нэп, ни многие из прежних наркомов оказались не нужны. Сталин и его окружение отвергли поступательный рост экономики, повернув страну на путь радикальных преобразований. Начало коллективизации означало свертывание нэпа. Наступил период нового земельного передела и создания колхозного строя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Деятели* СССР и революционного движения России. // Энциклопедический словарь Гранат. – М.: Советская Энциклопедия, 1989. – 832 с.
2. *Бойцы* революции. – Красноярск, 1982. – С. 264–268.
3. *Журов Ю.В.* В.Г. Яковенко // История СССР. – 1969. – № 3. – С. 112–121.
4. *Черноиванов В.И.* Комиссары и министры сельского хозяйства СССР. 1917–1991. – М., 1997. – 576 с.
5. *Шекшеев А.П.* В.Г. Яковенко – сибирский партизан, народный комиссар // Вопросы истории. – 2013. – № 1. – С. 118–133.

6. *Шекшеев А.П.* Пасынок революции. Последняя страница в жизни сибирского партизана В.Г. Яковенко // Известия лаборатории древних технологий. – 2015. – № 4 (17). – С. 128–132.
7. *Залесский К.А.* Империя Сталина: Биографический энциклопедический словарь. – М.: Вече, 2000. – 608 с.
8. *Бажанов Б.* Воспоминания бывшего секретаря Сталина. – СПб., 1992. – 312 с.
9. *Собрание* узаконений и распоряжений правительства за 1921 г. – М., 1944.
10. *Ленин В.И.* Речь на VII Московской губернской конференции РКП(б) // Полн. собр. соч. – М., 1970. – Т. 44.
11. *Декрет* Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета об основных частных имущественных правах, признаваемых РСФСР, охраняемых ее законами и защищаемых судами РСФСР. 22 мая 1922 г. // Собрание узаконений и распоряжений рабоче-крестьянского правительства РСФСР. – 1922. – № 36.
12. *Речи* Всероссийского старосты тов. Калинина, Народного Комиссара Земледелия тов. Яковенко, и.д. Народного Комиссара Социального Обеспечения тов. Милютина на 1-м всероссийском съезде крестьянских комитетов общественной взаимопомощи 15 декабря 1922 г. – М., 1923. – 48 с.
13. *Всесоюзная* Коммунистическая Партия (б) в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. Ч. II: 1925–1935. – М.: Партиздат ЦК ВКП(б), 1936. – 694 с.



ВЕСТНИК НГАУ №4(69) 2023