

ISSN 2078–1318

**ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

№ 2 (71)



**IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY**

2023

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 (71)



IZVESTIYA
SAINT-PETERSBURG STATE
AGRARIAN UNIVERSITY

2023

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал
4 номера в год
№ 2 (71)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия
Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-26051 от 18 октября 2006 г.

Журнал входит в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов кандидатских
и докторских исследований

Журнал содержит материалы по основным разделам аграрной науки.
В нем представлены результаты научных исследований и внедрения разработок
в сельскохозяйственное производство
Издаётся с 2004 г.

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

IZVESTIYA SAINT-PETERSBURG STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Peer-reviewed scientific journal
4 issues per year
№ 2 (71)

Journal is registered
in the Federal service on supervision for legislation compliance in the sphere
of mass communications and cultural heritage protection
The registration certificate of mass media
ПИ № FS77-26051 on October 18, 2006

The journal is included into the list of leading reviewed scientific journals and publications recommended
by the Higher Certification Commission of RF for the results publication of candidate
and doctoral research papers

Journal contains materials on main sections of agricultural science.
It presents research results and development implementation results into agricultural production

Published since 2004

Founder – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State
Agrarian University"

**ИЗВЕСТИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Рецензируемый научный журнал

4 номера в год

№ 2 (71)

Главный редактор

Морозов Виталий Юрьевич

Доктор ветеринарных наук, ректор

Заместитель главного редактора

Колесников Роман Олегович

Кандидат ветеринарных наук, проректор
по научной, инновационной и международной работе

Ответственный секретарь

Мельникова Дарья Андреевна

Кандидат исторических наук

Выпускающий редактор

Еремина Мария Александровна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Атрощенко Геннадий Парфёнович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Афанасенко Ольга Сильвестровна, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией иммунитета растений к болезням ФГБНУ ВИЗР;

Беззубцева Марина Михайловна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой энергообеспечения предприятий и электротехнологий ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Болгов Анатолий Ефремович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры зоотехния, рыбоводство, агрономия и землеустройство ФГБОУ ВО ПетрГУ;

Брюханов Александр Юрьевич, доктор технических наук, доцент, член – корреспондент Российской академии наук, директор ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Ганусевич Фёдор Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Гаспарян Ирина Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Дидманидзе Отари Назирович, академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильный транспорт ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Долженко Виктор Иванович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Центра биологической регламентации использования пестицидов ФГБНУ ВИЗР;

Долженко Татьяна Васильевна, доктор биологических наук, доцент, доцент кафедры защиты и карантина растений ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Донских Нина Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой земледелия и луговодства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Епимахова Елена Эдугартовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ;

Иванов Алексей Иванович, член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом физико-химической мелиорации и опытного дела ФГБНУ АФИ;

Карпов Валерий Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологий ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Карташевич Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов, автомобилей и машин для природоустройства УО «Белорусская государственная орден Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;

Киру Степан Димитрович, доктор биологических наук, профессор кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Лаврищев Антон Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения и агрохимия им. Л.Н. Александровой ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, директор ООО «Биотроф»;

Левшин Александр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Митюков Алексей Савельевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН СПб ФИЦ РАН;

Монахос Сократ Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Найда Надежда Михайловна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры земледелия и луговодства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Новиков Михаил Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Осипова Галина Степановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры плодовоовощеводства и декоративного садоводства ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Павлюшин Владимир Алексеевич, академик Российской академии наук, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией микробиологической защиты растений ФГБНУ ВИЗР;

Парлюк Екатерина Петровна, доктор технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

Персикова Тамара Филипповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;

Попов Владимир Дмитриевич, академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела агроэкологии в растениеводстве ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией энергоэффективных электротехнологий ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ;

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, заведующий, научный сотрудник отдела генетических ресурсов картофеля ФГБНУ ВИР;

Ружьев Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, декан Инженерно-технологического факультета, ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Салеева Ирина Павловна, член – корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией технологии производства мяса птицы ФНЦ «ВНИТИП» РАН;

Сафронов Сергей Леонидович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарной гигиены, кормления и разведения животных ФГБОУ ВО СПбГУВМ;

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Смыков Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»;

Сорокопудов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева;

Спиридонов Анатолий Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО СПбГАУ;

Станишевская Ольга Игоревна, доктор биологических наук, руководитель отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц ВНИИГРЖ ФГБНУ «ФИЦЖ – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;

Терлецкий Валерий Павлович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ ФГБНУ «ФИЦЖ – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»;

Чесноков Юрий Валентинович, доктор биологических наук, директор ФГБНУ АФИ;

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры применение электроэнергии ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ;

Якушев Виктор Петрович, академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом моделирования адаптивных агротехнологий ФГБНУ АФИ.

**IZVESTIYA OF SAINT-PETERSBURG
STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

Peer – reviewed scientific journal
4 issues per year
№ 2 (71)

Editor-in-Chief

Morozov Vitaliy Yurievich
Doctor of Veterinary Sciences, Rector

Deputy Editor-in-Chief

Kolesnikov Roman Olegovich
Candidate of Veterinary Sciences, Vice-Rector for Scientific,
Innovative and International Work

Responsible Secretary

Mel'nikova Darya Andreevna
Candidate of Historical Sciences

Executive Journal Editor

Eremina Maria Alexandrovna

EDITORIAL BOARD

Aldoshin Nikolay Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural machines, FSBEI HE RSAU-MTAA;

Atroshchenko Gennady Parfyonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Growing and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU;

Afanasenko Olga Sylvestrovna, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Plant Immunity to Diseases, FSBSI VIZR;

Bezzubtseva Marina Mikhailovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, FSBEI HE SPbSAU;

Bolgov Anatoly Efremovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Animal Science, Fish Farming, Agronomy and Land Management, FSBEI PetrSU;

Bryukhanov Alexander Yurievich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of IAEP - Branch of FSBSI FNAC VIM;

Ganusevich Fedor Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Research named after. I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU;

Gasparyan Irina Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation and High Technologies in Crop Production, FSBEI HE RSAU-MTAA;

Didmanidze Otari Nazirovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobile Transport, FSBEI HE RSAU-MTAA;

Dolzhenko Victor Ivanovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Center of Biological Regulation of Pesticides Use, FSBSI VIZR;

Dolzhenko Tatiana Vasilievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE SPbSAU;

Donskikh Nina Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU;

Elena Edugartovna Epimakhova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the basic department "Private Zootechnics, Breeding and Animal Breeding", FSBEI VO Stavropol State Agrarian University;

Ivanov Aleksey Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Physical and Chemical Melioration and Experimental Studies, FSBSI ARI;

Karpov Valery Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Power Supply of Enterprises and Electrotechnologies, FSBEI HE SPbSAU;

Kartashevich Anatoly Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tractors, Cars and Machines for Nature Management, EI «Belarusian State Agricultural Academy»;

Kiru Stepan Dimitrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Growing named after I. A. Stebut, FSBEI HE SPbSAU;

Lavrishchev Anton Viktorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry named after L.N. Alexandrova, FSBEI HE SPbSAU;

Laptev Georgy Yurievich, Doctor of Biological Sciences, Director of LLC «Biotrof»;

Levshin Alexander Grigorievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Operation of Tractor Machines and High Technologies in Crop Production" RSGAU-MSKHA;

Mityukov Alexey Savelyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, FGBUN SPb FIC RAS;

Monakhos Sokrat Grigorievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Garden Plants, FSBEI HE RSAU-MTAA;

Nayda Nadezhda Mikhailovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Farming and Grassland Research, FSBEI HE SPbSAU;

Novikov Mikhail Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU;

Osipova Galina Stepanovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Fruit and Vegetable Cultivation and Ornamental Gardening, FSBEI HE SPbSAU;

Pavlyushin Vladimir Alekseevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Microbiological Plant Protection, FSBSI VIZR;

Parlyuk Ekaterina Petrovna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Tractors and Automobiles, FSBEI HE RSAU-MTAA;

Persikova Tamara Fillipovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, EI «Belarusian State Agricultural Academy»;

Popov Vladimir Dmitrievich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, of IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM;

Rakutko Sergey Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Energy Efficient Electrotechnologies, IEEP – branch of FSBSI FSAC VIM;

Rogozina Elena Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Potato Genetic Resources, FSBSI VIR;

Ruzhyev Vyacheslav Anatolievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Technical Systems, Service and Energy, FSBEI HE SPbSAU;

Saleeva Irina Pavlovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Poultry Meat Production Technology, FSC ARRTPI RAS;

Safronov Sergey Leonidovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Hygiene, Feeding and Breeding of Animals, SPbGUVM;

Smelik Viktor Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, FSBEI HE SPbSAU;

Smykov Anatoly Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher of the Laboratory of Southern Fruit and Nut Crops, Federal State Budgetary Scientific Institution "Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Research Center RAS;

Sorokopudov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, FSBEI HE RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev;

Spiridonov Anatoly Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Storage Technology and Processing of Agricultural Products, FSBEI HE SPbSAU;

Stanishevskaya Olga Igorevna, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Genetics, Breeding and Conservation of Genetic Resources of Agricultural Poultry, All-Russian Research Institute of Plant Breeding, FSBSI «L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry»;

Terletsky Valery Pavlovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, All-Russian Research Institute of Plant Breeding, FSBSI «L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry»;

Chesnokov Yury Valentinovich, Doctor of Biological Sciences, Director of FSBSI ARI;

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electricity Use, FSBEI HE Kuban GAU;

Yakushev Victor Petrovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Modeling Adaptive Agricultural Technologies, FSBSI ARI.

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Спиридонов А.М., Рачеева А.И. Влияние сорта и удобрений на продуктивность и качество урожая картофеля.....	9
Носевич М.А. Использование органоминерального удобрения Лигногумат в технологии возделывания льна масличного (<i>Linum usitatissimum</i> L.).....	20
Осипова Г.С., Хуссейн С.Р. Сравнительная оценка содержания масла и жирных кислот в образцах семян нигеллы посевной (<i>Nigella sativa</i> L.).....	31
Исави М.Б.А., Хилевский В.А., Долженко Т.В. Комбинированный инсектицид для защиты пшеницы озимой от хлебных жуков.....	38
Аль-Малики А.А.С., Долженко В.И., Долженко О.В. Эффективность нового отечественного пестицида для защиты пшеницы озимой.....	47
Иванова М.В. Влияние хелатных удобрений на семенную продуктивность клевера паннонского в условиях Костромской области.....	57

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Темирдашева К.А., Гукежев В.М., Эльжирокова З.Л. Сравнительная оценка национальной и промышленной технологии производства айрана в условиях Кабардино-Балкарской Республики.....	65
Шошина Ю.В., Прохоров И.П., Грачев В.С. Сравнительная характеристика роста основных тканей туш симментальских бычков при разных технологиях выращивания.....	74
Путинцева С.В., Сафронов С.Л. Сравнительный анализ молочной продуктивности коров-первотелок голштинской породы разного происхождения.....	87
Сулейманов О.И., Подобаев В.А., Алексеева Е.И. Эффективность внедрения цифровых технологий в племенное коневодство России.....	95
Борисова А.В., Санганаева А.В. Мониторинг генетической структуры русской тяжеловозной породы лошадей.....	105
Шульгин И.К., Ротарь Л.Н., Шульгина В.Д. Сравнение методик выделения ооцит-кумулясных комплексов из яичников животных после овариоэктомии.....	114

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Шкрабак Р.В. Теоретико-практические проблемы безопасности труда и инновационные пути их решения в механизированном агропромышленном производстве.....	121
Шушков Р.А., Смелик В.А., Перекопский А.Н. Исследование воздушных потоков в льняных дезинтеграторах для определения размеров входящих и выходящих сечений воздухопроводов.....	132
Волков В.С., Медведев Г.В. Интенсификация аппаратурно-технологической системы производства корма для аквакультуры в аппаратах с магнитооживленным слоем ферротел.....	144
Гришин А.Д., Беззубцева М.М. Сравнение топологических решений при разработке импульсных источников питания.....	154

CONTENTS

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Spiridonov A.M., Racheeva A.I. The effect of variety and fertilizer on potato productivity and yield quality.....	9
Nosevich M.A. The use of organomineral fertilizer Lignohumate in cultivation technology oilseed flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	20
Osipova G.S., Hussain S.R. Comparative assessment of oil and fatty acid content in seed samples of nigella sown seeds (<i>Nigella sativa</i> L.)	31
Isawi M.B.I., Khilevsky V.A., Dolzhenko T.V. Combined insecticide to protect winter wheat against bread beetles.....	38
Al-Maliki A.A.S., Dolzhenko, V.I., Dolzhenko, O.V. Effectiveness of a new domestic pesticide to protect winter wheat.....	47
Ivanova M.V. Effect of chelated fertilizers on seed productivity of Pannonian clover under Kostroma region conditions.....	57

ANIMAL AND VETERINARY SCIENCE

Temirdasheva K.A., Gukezhev V.M., Elzhirokova Z.L. Comparative assessment of national and industrial ayran production technology in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic.....	65
Shoshina Y.V., Prokhorov I.P., Grachev V.S. Comparative growth characteristics of the main carcass tissues of simmental steers with different breeding technologies.....	74
Putintseva S.V., Safronov S.L. Comparative analysis of milk productivity of Holstein heifers of different origins.....	87
Suleymanov O.I., Podobaev V.A., Alekseeva E.I. Efficiency of digital technology implementation in Russian horse breeding.....	95
Borisova A.V., Sanganaeva A.V. Monitoring the genetic structure of the Russian draft horse breed.....	105
Shulgin I.K., Rotar L.N., Shulgina V.D. Comparison of techniques for extracting oocyte-cumulus complexes from the ovaries of animals after ovariectomy.....	114

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGY

Shkrabak R.V. Theoretical and practical problems of labor safety and innovative ways of their solution in mechanized agricultural production.....	121
Shushkov R.A., Smelik V.A., Perekopsky A.N. Study of air flows in linen disintegrators to determine the size of inlet and outlet duct cross-sections.....	132
Volkov V.S., Medvedev G.V. Intensification of the apparatus-technological system for aquaculture feed production in devices with a magnetically liquefied ferrotel layer	144
Grishin A.D., Bezzubtseva M.M. Comparison of topological solutions in switched-mode power supply design.....	154

Научная статья

УДК 635.21:631.5

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-9-19

ВЛИЯНИЕ СОРТА И УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КАРТОФЕЛЯ

Анатолий Михайлович Спиридонов¹, Анна Ивановна Рачеева²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; anatolij-spiridonov@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0003-1452-6698>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; anyuta-racheeva@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0003-2749-8585>

Реферат. Значение картофеля возрастает по мере его направленного использования в качестве технологического сырья для переработки на различные картофелепродукты: чипсы, фри, полуфабрикаты глубокой заморозки, картофельную крупку и т. д. Разнообразие сортов, пригодных для такого использования, очень незначительно, так как не все сорта одинаково подходят для получения популярных сейчас продуктов «хрустящего картофеля». Из большого разнообразия сортов нами были выделены и изучены в полевом опыте в условиях Ленинградской области импортные сорта картофеля, пригодные к переработке. В качестве цели исследования предполагалось установить, как сорта и применяемые при возделывании различные формы удобрений повлияют на урожайность клубней и их качество. Установлено, что внесение микроудобрения REXOLIN ABC + и комплексного водорастворимого удобрения Green-Go 18-18-18+1,3 MgO + micro в различных дозах приводит к увеличению биометрических характеристик растений картофеля: повышению высоты растений, увеличению количества клубней и их массы в кусте и как результат – к повышению урожайности. Картофель содержит оптимальное количество сухого вещества и крахмала и является пригодным для технологической переработки на картофелепродукты – там, где важен выход сухого вещества в готовом изделии. Изученные дозы в 1 и 2 г/л микроудобрений имеют тенденцию влиять на урожайность и биохимический состав клубней. Сокращение дозы удобрения в 2 раза от рекомендованной производителем (2 г/л) на большинстве изученных сортов не снижает продуктивности и качества, а наоборот приводит к увеличению урожайности, содержания сухого вещества и крахмала.

Ключевые слова: картофель, сорта, хелатные удобрения, урожайность картофеля, показатели качества клубней

Цитирование. Спиридонов А.М., Рачеева А.И. Влияние сорта и удобрений на продуктивность и качество урожая картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 9–19. – doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-9-19

THE EFFECT OF VARIETY AND FERTILIZER ON POTATO PRODUCTIVITY AND YIELD QUALITY

Anatoly M. Spiridonov¹, Anna I. Racheeva²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; anatolij-spiridonov@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0003-1452-6698>

² Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; anyuta-racheeva@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0003-2749-8585>

Abstract. The importance of the potato is increasing as it is being used as a technological raw material for processing into various potato products: crisps, fries, deep-frozen semi-finished products, potato grits, etc. The variety diversity of varieties suitable for such use is very small as not all varieties are equally suited for the now popular 'crispy potato' products. From the large diversity of varieties, we have identified and studied in a field trial in the conditions of the Leningrad region imported varieties of potato suitable for processing. The importance of the potato is increasing as it is being used as a technological raw material for processing into various potato products: crisps, fries, deep-frozen semi-finished products, potato grits, etc. The diversity of varieties suitable for such use is very small as not all varieties are equally suited for the now popular 'crispy potato' products. From the large diversity of varieties, we have identified and studied in a field trial in the conditions of the Leningrad region imported varieties of potato suitable for processing. The aim of the study was to determine how varieties and different forms of fertilizer used during cultivation would affect tuber yield and quality. It was found that the application of microfertilizer REXOLIN ABC + and complex water-soluble fertilizer Green-Go 18-18-18+1,3 MgO + micro in different doses leads to an increase in biometric characteristics of potato plants: increase in plant height, increasing the number of tubers and their mass in the bush and as a result – to higher yields. The potatoes contain optimum amounts of dry matter and starch and are suitable for technological processing into potato products – where the dry matter yield of the finished product is important. The studied doses of 1 and 2 g/l of microfertiliser tend to influence yields and biochemical composition of tubers. Reducing the fertilizer dose by a factor of 2 from the producer's recommendation (2 g/l) on most of the varieties studied does not reduce productivity and quality, but does increase yield, dry matter and starch content.

Key words: *potato, varieties, chelated fertilizers, potato yield, tubers quality indicators*

Citation: Spiridonov A.M., Racheeva A.I. “The effect of variety and fertilizer on potato productivity and yield quality”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 9–19 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-9-19

Введение. Картофель в России является одной из основных сельскохозяйственных продовольственных культур. По распространённости он уступает только зерновым, зернобобовым и сахарной свёкле. В клубнях картофеля содержится до 76% воды, 13–21% крахмала, до 3% белка, около 1% минеральных соединений, до 0,4% жиров, также аскорбиновая кислота и витамины группы В, предохраняющие организм человека от заболеваний нервной и кровеносной систем. Белок картофеля – туберин, в состав которого

входит незаменимая кислота лизин, очень редко встречающаяся в продуктах растительного происхождения [1, 2].

В настоящее время картофель выращивают в 156 странах мира, где валовый сбор достигает около 377 млн тонн ежегодно. Ведущими производителями картофеля являются Китай, Индия, Россия, США, Германия, Бангладеш, Франция и Нидерланды [3, 4].

В агропромышленном комплексе Российской Федерации значимость картофеля постоянно возрастает. В рационе человека увеличивается его удельный вес за счёт потребления нарастающих объёмов продуктов промышленной переработки картофеля – полуфабрикатов, картофельной крупки, чипсов, фри и других продуктов «хрустящего картофеля». Помимо этого, клубни растения являются сырьём для производства такой важнейшей продукции, как спирт, крахмал, глюкозная патока, молочная кислота, бутилен, ацетон, гликоль и каучук [5, 6].

Ежегодно районирована много новых сортов, для которых актуальна разработка сортовых технологий. Особенно важно разработать или усовершенствовать технологию возделывания сортов, пригодных к переработке на картофелепродукты повышенного спроса. При выращивании картофеля в современных условиях основной целью является получение качественной продукции, пригодной для того иного вида переработки. В совершенствовании технологий возделывания культуры имеют значение многие элементы, важнейшими из которых являются сорт и оптимизация минерального питания за счёт системы удобрений [3, 4, 5].

Картофель из-за особенностей развития корневой системы, высокой чувствительности к плотности почвы и повышенной потребности в элементах минерального питания требует особых условий выращивания. По особенностям минерального питания среди макроэлементов в приоритете калий, а микроэлементов – магний, бор, железо, цинк и другие. Поэтому при разработке сортовых технологий возделывания картофеля особое внимание уделяют оптимизации минерального питания растений за счёт сбалансированного внесения макро- и микроудобрений [7].

Минеральные удобрения влияют не только на урожайность, но и на химический состав картофеля [7, 8, 9, 10]. Снижение содержания крахмала и сухого вещества в клубнях связано с односторонним калийным питанием и действием хлора, который содержится в калийных удобрениях. Фосфорные удобрения, наоборот, способствуют увеличению содержания крахмала в клубнях. Ещё одним показателем, влияющим на качество картофеля, является хлорофилл в листьях растения. Чем больше относительное содержание хлорофилла в листьях картофеля, тем выше крахмалистость клубней [7, 11, 12].

Таким образом, важным условием получения желаемого результата является обеспечение картофеля необходимыми элементами питания в доступной для растения форме, с учетом сортовых особенностей и целевого назначения клубней.

Цель исследований – изучение влияния сорта, комплексных и микроудобрений в разных дозах внесения на урожайность и качество клубней в условиях Ленинградской области.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводились в Учебно-опытном саду СПбГАУ в 2020-2022 гг. Повторность в опыте трехкратная, размещение вариантов рендомизированное. Варианты опыта: фактор А (ф.А) – сорт картофеля. В полевом опыте изучены следующие сорта: ВР 808, Инноватор и Сантэ (среднеранние, период вегетации 70-80 дней), Колетте (раннеспелый сорт, период вегетации 60-70 дней) и сорт Пироль

(среднеспелый, период вегетации 80-90 дней). Фактор В (ф.В) – доза удобрений: контроль – сорт картофеля при фоновом внесении Fertika картофельное (NPK 10,7:8,6:14); 1 вариант: фон + микроудобрение REXOLIN ABC + комплексное удобрение Green-Go 18-18-18+1,3 MgO + micro (1 г/л или 50 % от рекомендуемой производителем дозы); 2 вариант: фон + микроудобрение REXOLIN ABC + комплексное удобрение Green-Go 18-18-18+1,3 MgO + micro (2 г/л или 100 % от рекомендуемой производителем дозы), расход рабочего раствора 1 л на 100 м² [13, 14], общая учетная площадь опыта 200 м². Для снижения краевого эффекта по краям делянок высевали защитные полосы. Расчет обеспеченности картофеля элементами питания проводили балансовым методом, исходя из обеспеченности почв элементами минерального питания, и их выноса с урожаем, устанавливая тем самым потребность во внесении минеральных удобрений в качестве фона (контроль) и двух вариантов дополнительного внесения макро- и микроэлементов. Одной из гипотез эксперимента послужило рациональное ресурсосбережение при применении изучаемых форм удобрений в хелатной форме – использование 50% дозы или 1 г/л по отношению к рекомендуемой производителем дозе 2 г/л.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая глеевая на моренном суглинке: реакция почвенного раствора слабокислая (рН_(KCl) 5,51-6,0), подвижных форм фосфора (P₂O₅ 680- 810 мг/100 г почвы) и обменного калия (K₂O 420,3-450,2 мг/100 г почвы). Содержание органического вещества повышенное. Гидролитическая кислотность (Нг) 5,51.

Почва участка была обработана на зябь после предшествующей культуры. Весенняя обработка почвы под посадку картофеля состояла из ранневесенней культивации, дискования, боронования и предпосадочной нарезки гребней. Минеральные удобрения фоном вносили перед посадкой. В контрольном варианте обработка раствором микроудобрений была заменена на водный раствор. На вариантах изучаемых форм удобрения вносили опрыскиванием водным раствором клубней картофеля перед посадкой; провели обработку водным раствором комплексного удобрения Грин-ГО N18P18K18 1,3 MgO + микро по листу, когда высота вегетативной части растения достигала от 15 до 20 см.

Посадку картофеля проводили в разные сроки: в 2020 г. 25 мая, в 2021 и 2022 гг. сроки посадки из-за повышенного количества осадков были сдвинуты на 2–6 июня. Семенной материал был откалиброван по размеру, средняя масса клубня составляла 70–80 г. Технология возделывания общепринятая в растениеводстве. Схема посадки определялась площадью питания растений и составляла 70x30 см. В течение вегетационного периода были проведены вручную 2 междурядные обработки с одновременным окучиванием растений в рядках. Сроки уборки картофеля в 2020 г. – с 10 по 28 августа в зависимости от группы спелости. В 2021 г. уборку картофеля проводили с 5 по 17 сентября. В 2022 г. – с 28 августа по 15 сентября.

Метеоусловия в годы проведения опыта были в целом благоприятные для возделывания картофеля. Осадки в течение вегетационного периода поступали и распределялись неравномерно, что повлияло на сроки посадки и уборки. За 3 года исследований наибольшее количество атмосферных осадков выпало на август, в 2020 и 2021 гг. повышенное количество осадков наблюдалось во второй и третьей декаде июля. Температура воздуха за 3 года была немного выше среднемноголетних данных. Оценка влагообеспеченности вегетационного периода по ГТК за годы проведения исследований показала в 2020 году ГТК – 1,4 и в 2021 – 2022 ГТК – 1,5 (оба показателя свидетельствуют о

достаточном увлажнении). Статистический анализ экспериментальных данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы Excel 2016.

Результаты исследований. Согласно фенологическим наблюдениям, предпосадочная обработка водным раствором клубней картофеля REXOLIN ABC разными дозами удобрений (1 г/л и 2 г/л) несущественно повлияла на всхожесть картофеля. Однако вторая обработка водным раствором удобрения Грин-ГО $N_{18}P_{18}K_{18}1,3 MgO$ + микро листов растений дала ощутимый результат. При этом установлено, что на вариантах с внесением изучаемых удобрений стебли на 4,2–6,5 см выше у растений сортов ВР-808, Пироль и Сантэ по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1). При внесении изучаемых удобрений увеличивались все биометрические показатели растений картофеля: количество стеблей в кусте, количество клубней, а также масса клубней на одном кусте (растении). Существенной прибавка по количеству стеблей в кусте была на варианте 2 г/л изучаемого удобрения на всех сортах, а при дозе 1 г/л – только на сортах Колетте, Сантэ и Пироль. На количество клубней в кусте существенное влияние оказали обе дозы (1 и 2 г/л) по всем сортам, за исключением сорта ВР 808, у которого при дозе внесения 1 г/л прибавка в количестве клубней была на уровне НСР.

Максимальная масса клубней с куста отмечалась у сорта Инноватор при применении изучаемых форм удобрений 2 г/л – 618,0 г, что выше контроля на 56 г. У сортов Сантэ и ВР808 наибольшая масса клубней с куста при использовании дозы изучаемого удобрения (1 г/л) – 593,5 и 594,2 г соответственно, что также выше контроля (на 33,1–117,4 г) и выше показателя НСР. Уровень урожайности зависит от погодных условий и доступности питательных веществ в период клубнеобразования. Он также зависит от роста и развития листьев и ветвей, образования продуктов ассимиляции и их распределения между различными частями растения, скорости клубнеобразования и времени отмирания стеблей [2].

Таблица 1. Биометрические показатели растений картофеля (средние за 2020–2022 гг.)
 Table 1. Biometric indicators of potato plants (average for 2020–2022)

Варианты опыта	Высота куста		Количество стеблей (на 1 кусте)		Количество клубней (на 1 кусте)		Масса клубней (на 1 кусте)	
	см	% к контролю	шт.	% к контролю	шт.	% к контролю	г.	% к контролю
Колетте								
Контроль	32,0	100,0	5,0	100,0	4,8	100,0	380,1	100,0
Вариант 1	33,0	103,1	5,5	110,0	5,4	112,5	406,2	106,9
Вариант 2	36,0	112,5	5,8	116,0	5,8	120,8	520,3	136,8
Сантэ								
Контроль	40,8	100,0	4,3	100,0	7,6	100,0	476,1	100,0
Вариант 1	43,3	106,1	5,2	120,9	8,1	106,6	593,5	124,9
Вариант 2	46,5	113,9	5,4	125,5	8,5	111,8	572,1	120,2
ВР808								
Контроль	47,0	100,0	7,2	100,0	7,5	100,0	561,1	100,0
Вариант 1	51,2	108,9	7,5	104,2	7,8	104,0	594,2	105,9
Вариант 2	53,5	113,8	7,8	108,3	9,6	128,0	572,4	102,0
Инноватор								
Контроль	50,0	100,0	4,5	100,0	5,8	100,0	562,0	100,0
Вариант 1	51,6	103,2	4,8	106,6	6,8	117,2	612,0	108,9
Вариант 2	53,6	107,2	4,9	108,8	7,5	129,3	618,0	110,0

Продолжение таблицы 1

Пироль								
Контроль	42,0	100,0	5,1	100,0	6,1	100,0	480,0	100,0
Вариант 1	47,0	111,9	5,5	107,8	6,6	108,2	510,0	106,3
Вариант 2	50,0	119,0	6,2	121,6	7,1	116,4	526,0	109,6
НСР ₀₅ ф.А	2,11	–	0,29	–	0,28	–	24,61	–
НСР ₀₅ ф.АБ	2,30	–	0,29	–	0,39	–	27,60	–

Примечания:

контроль – без внесения изучаемых форм удобрений;

1 вариант – 1 г/л (REXOLIN ABC + Green-Go 18-18-18+1,3 MgO+micro);

2 вариант – 2 г/л (REXOLIN ABC + Green-Go 18-18-18+1,3 MgO+micro).

Логично, что внесение изучаемых удобрений в любой дозе повлияло и на общую продуктивность растений картофеля – урожайность клубней в основном увеличилась по сравнению с контролем (табл. 2).

Согласно полученным данным, в первые 2 года опыта урожайность сортов была существенно выше контроля на обоих вариантах изучаемого удобрения, за исключением сорта Колетте, где существенная прибавка урожайности наблюдалась только при использовании дозы 2 г/л. На третий год опыта существенная прибавка урожая при внесении 1 г/л получена только на сортах Колетте, Сантэ и Пироль. Полная доза 2 г/л обеспечила существенную прибавку по всем сортам, за исключением ВР 808.

Таблица 2. Влияние удобрений Грин-Го N₁₈P₁₈K₁₈ + 1,3 MgO + микро и Рексолин ABC на урожайность клубней картофеля (т/га), 2020-2022 гг.

Table 2. Effect of Green – Go fertilizers N₁₈P₁₈K₁₈ + 1,3 Mg + micro and Rexolin ABC on potato tuber yield (t/ha), 2020-2022

Сорт	Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее за 3 года	Прибавка к контролю
Колетте (раннеспелый)	Контроль	17,6	16,7	22,8	19,0	–
	1 вариант	18,6	17,1	25,3	20,3	1,3
	2 вариант	19,3	28,7	30,1	26	7
Сантэ (среднеранний)	Контроль	19,4	23,2	28,1	23,6	–
	1 вариант	23,2	31,5	34,5	29,7	6,1
	2 вариант	22,9	29,5	33,6	28,6	5
ВР808 (среднеранний)	Контроль	22,4	32,2	29,7	28,1	–
	1 вариант	24,5	37,1	30,4	30,6	2,5
	2 вариант	25,7	36,4	30,8	30,9	2,8
Инноватор (среднеранний)	Контроль	18,8	32,1	26	25,6	–
	1 вариант	24,2	37,1	26,6	29,3	3,7
	2 вариант	25,4	38,5	33	32,3	6,7
Пироль (среднеспелый)	Контроль	19,7	22,9	18,6	20,4	–
	1 вариант	23,6	28,1	24,8	25,5	5,1
	2 вариант	23,9	29,7	25,3	26,3	5,9
НСР ₀₅ ф.А		1,01	1,29	1,30	–	–
НСР ₀₅ ф.АБ		1,21	1,60	1,48	–	–

Важным показателем качества клубней картофеля, характеризующим пригодность его к переработке на отдельные виды картофелепродуктов, является содержание сухого вещества и его динамика в процессе хранения [6, 7, 15]. Известно, что содержание сухого вещества в

свежевыкопанном картофеле ниже, чем по истечении определённого времени хранения клубней. Это связано с процессами дыхания клубней в период хранения и обусловленной этим динамикой биохимического состава [16, 17]. Установленные нами закономерности изложим в дальнейших работах, так как их выявление также было одной из задач наших исследований.

В табл. 3 приведены данные по содержанию сухого вещества свежесобранного картофеля. В целом необходимо отметить, что внесение изучаемых форм удобрений привело к повышению содержания сухого вещества в клубнях картофеля. В зависимости от дозы удобрений изменение содержания сухого вещества также неодинаково. На раннеспелых и среднеранних сортах Колетте, Сантэ и ВР 808 существенному повышению содержания сухого вещества способствовала доза удобрений 1 г/л, а на сортах Инноватор и Пироль – полная доза удобрения (2 г/л). В этих вариантах содержание сухого вещества на 1,1–6,2% выше, чем в контроле.

Таблица 3. Влияние удобрений Грин-Го N₁₈P₁₈K₁₈ + 1,3 MgO + макро и микроудобрения Рексолин ABC на содержание сухого вещества в клубнях сортов картофеля за 2020–2022 гг.
 Table 3. The effect of Grin-Go fertilizers N₁₈P₁₈K₁₈ + 1,3 MgO + macro and micro fertilizers Rexolin ABC on the dry matter content in tubers of potato varieties for 2020–2022

Сорт	Вариант	Содержание сухого вещества, %			
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Колетте (раннеспелый)	Контроль	17,1	17,3	17,7	17,4
	1 вариант	21,7	21,8	21,6	21,7
	2 вариант	23,4	23,9	23,6	23,6
Сантэ (среднеранний)	Контроль	16,5	16,1	16,2	16,3
	1 вариант	16,8	17,1	16,5	16,8
	2 вариант	17,3	16,9	17,1	17,1
ВР808 (среднеранний)	Контроль	21,4	20,8	21,3	21,2
	1 вариант	23,3	22,7	22,4	22,8
	2 вариант	24,3	23,9	23,5	23,9
Инноватор (среднеранний)	Контроль	18,5	19,1	18,7	18,7
	1 вариант	21,2	21,3	21,6	21,4
	2 вариант	19,6	20,1	20,3	20,0
Пироль (среднеспелый)	Контроль	22,8	23,1	23,4	23,1
	1 вариант	23,8	24,1	24,5	24,1
	2 вариант	23,5	23,7	24,1	23,7
НСР ₀₅ ф.А	–	1,02	1,01	1,03	–
НСР ₀₅ ф.АБ	–	1,10	1,11	1,12	–

Как было отмечено ранее, удобрения оказывают влияние на накопление крахмала. Применение изучаемых форм удобрений способствовало накоплению содержания крахмала в составе сухого вещества картофеля (табл. 4).

Существенное повышение содержания крахмала в клубнях в результате применения дозы изучаемых удобрений 2 г/л получено у сортов Колетте, Сантэ, Инноватор и Пироль за все 3 года опыта. Прибавка колебалась от 1,0 до 3,5%. По сорту ВР 808 получена наименьшая прибавка по содержанию крахмала, причем в 2020 и 2022 гг. она была незначительна, а в 2021 г. немного выше НСР – 0,9–1,2%.

Таблица 4. Влияние удобрений удобрения Грин-Го N₁₈P₁₈K₁₈ + 1,3 MgO + микро и Рексолин ABC на содержание крахмала в клубнях картофеля за 2020-2022 гг.Table 4. The effect of micronutrient fertilizers Green-Go N₁₈P₁₈K₁₈ + 1.3 MgO + micro and Rexolin ABC on the starch content in potato tubers for 2020-2022

Сорт	Вариант	Содержание крахмала, % в СВ			
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее за 3 года
Колетте (раннеспелый)	Контроль	12,2	12,4	12,7	12,4
	1 вариант	15,2	14,8	15,5	15,1
	2 вариант	15,7	16,1	15,9	15,9
Сантэ (среднеранний)	Контроль	13,4	13,0	13,2	13,2
	1 вариант	15,2	15,4	15,1	15,2
	2 вариант	15,5	15,1	15,3	15,3
ВР808 (среднеранний)	Контроль	16,1	15,3	15,5	15,6
	1 вариант	16,3	16,2	15,9	16,1
	2 вариант	16,8	16,5	16,2	16,5
Инноватор (среднеранний)	Контроль	14,2	14,6	14,4	14,4
	1 вариант	15,4	15,8	15,9	15,7
	2 вариант	15,2	15,5	15,9	15,5
Пироль (среднеспелый)	Контроль	14,7	15,1	15,3	15,0
	1 вариант	15,9	16,3	16,5	15,2
	2 вариант	17,5	18,1	18,3	17,9
НСР ₀₅ ф.А	–	0,69	0,70	0,71	–
НСР ₀₅ ф.АБ	–	0,80	0,78	0,79	–

Заключение. В результате исследований установлено, что внесение изучаемых форм удобрений способствовало оптимизации минерального питания растений картофеля. Это выразилось в увеличении общей продуктивности всех изученных сортов, в частности, в повышении биометрических характеристик растений в процессе вегетации: увеличивается высота растений, количество клубней и их масса в кусте. Применение микроудобрения REXOLIN ABC + и комплексного удобрения Green-Go 18-18-18+1,3 MgO + микро приводит к увеличению урожайности картофеля на 1,3–7 т/га, повышению содержания сухого вещества на 0,8–6,2% и крахмала на 1,0–3,5%. Повышенные значения этих показателей говорят о пригодности клубней такого качества к переработке, поскольку при этом увеличивается выход сухого вещества продукта. Примечательно, что положительного результата можно достичь за счёт половинной дозы от рекомендуемой (1 г/л), то есть за счёт экономии ресурсов.

Список источников литературы

1. Анисимов, Б.В. Роль картофеля в питании современного человека / Б. В. Анисимов // Картофельная система. – 2019. – № 3. – С. 20–25.
2. Картофель: для научных сотрудников, агрономов, фермеров ученых / Б. В. Анисимов, К. В. Аршин, Г. Л. Белов [и др.]; Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», 2022. – 570 с. – ISBN 978-5-901282-36-6.
3. Картофелеводство России: состояние и перспективы в новых условиях / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, С. В. Жевора [и др.] // Картофель и овощи. – 2022. – № 4. – С. 3–6. – DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.

4. Осипов, А.И. История картофеля от Петра Великого до наших дней. // Научные труды Отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук и искусств. – Вып. 10. – СПб.: Северная Звезда, 2023. – С. 88–96.
5. Жевора, С.В., Анисимов, Б.В., Симаков, Е.А. [и др.] Приоритетные направления инновационного развития картофелеводства // Селекция и семеноводство картофеля: монография. – Чебоксары: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха», 2020. – С. 20–25.
6. Картофель и технологии его глубокой переработки / В. В. Литвяк, Н. Д. Лукин, Е. А. Симаков [и др.]. – Москва: ФЛИНТА, 2021. – 896 с. – ISBN 978-5-9765-4595-3.
7. Жеряков, Е.В. Формирование урожайности и качества клубней картофеля для промышленной переработки в зависимости от сортовых особенностей и уровня минерального питания / Е. В. Жеряков, Д. А. Климов // Агротехнологические основы технологий возделывания сельскохозяйственных культур / Пензенский государственный аграрный университет; // Под общей редакцией С.В. Богомазова, А.А. Галиуллина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46–78.
8. Применение удобрений при биологизации картофелеводства / С. В. Жевора, Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева // Плодородие. – 2021. – № 1(118). – С. 50–53. – DOI 10.25680/S19948603.2021.118.14.
9. Quality evaluation, phytochemical characteristics and estimation of beta – carotene hydroxylase 2 (Chy2) alleles of interspecific potato hybrids / О. В. Polivanova, Е. М. Gins, Е. А. Moskalev [et al.] // Agronomy. – 2021. – Vol. 11, No. 8. – P. 1619. – DOI 10.3390/agronomy11081619.
10. Газданова, И.Ю., Бекмурзов, Б.В. Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения разных доз минеральных удобрений // Аграрный вестник Урала – 2022. – № 5 – С. 1–11.
11. Zhevora, S.V. Innovations and Perspective Technologies in the Potato and Vegetable Subcomplex of the Agro – Industrial Complex in Russia / S. V. Zhevora, V. V. Tulcheev, M. Y. Borisov // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 205, Volume 1. – Heidelberg: Springer International Publishing, 2021. – P. 65–72. – DOI 10.1007/978-3-030-73097-0_9.
12. Оценка высококрахмалистых сортов картофеля по интенсивности накопления крахмала и размеру крахмальных зерен / А. В. Митюшкин, А. А. Журавлев, Ал – р В. Митюшкин, А. С. Гайзатулин, С. С. Салюков, С. В. Овечкин, В. А. Семенов, Е. А. Симаков // Картофель и овощи. – 2021. – №8. – С. 29–33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.51.84.005>.
13. Agri Stream: удобрение для профессионалов // Комплексные водорастворимые удобрения Грин-Го. – URL: <https://agrifleks.su/products/kompleksnyye-vodorastvorimyye-udobreniya/grin-go/> (дата обращения 17.12.2018).
14. Agri Stream: удобрение для профессионалов // Микроудобрения Рексолин. – URL: <https://agrifleks.su/products/mikroudobreniya/reksolin/> (дата обращения: 17.12.2018).
15. Картофель для переработки: параметры качества, специальные сорта, особенности выращивания / Е. А. Симаков, Б. В. Анисимов, А. В. Митюшкин [и др.]. – Чебоксары: Астер, 2019. – 40 с. – ISBN 978-5-6040951-6-4.
16. Кидин, В.В. Особенности питания и удобрения овощных культур и картофеля: учеб. пособие / В. В. Кидин. – М.: ИНФРА – М, 2019. – 202с.
17. Joardder, M.U.H., Masud, M.H. Food Preservation Techniques in Developing Countries // Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions. Cham: Springer, 2019. Pp. 67–125. DOI: 10.1007/978-3-030-11530-2_4.
18. Anisimov, B.V. Potato – Growing History in Russia. Categories and Classes/Generations of Potato Seed and the System of Its Production Stages / B. V. Anisimov, Е. А. Simakov, S. V. Zhevora // Potato Seed Production. – Cham: Springer – Verlag GmbH, 2021. – pp. 3–12. – DOI 10.1007/978-3-030-60762-3_1.

References

1. Anisimov, B.V. Rol' kartofelya v pitanii sovremennogo cheloveka / B. V. Anisimov // Kartofel'naya sistema. – 2019. – № 3. – Pp. 20–25.
2. Kartofel' : dlya nauchnyh sotrudnikov, agronomov, fermerov uchenyh / B. V. Anisimov, K. V. Arshin, G. L. Belov [i dr.] ; Federal'nyj issledovatel'skij centr kartofelya imeni A.G. Lorha. – Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie "Federal'nyj issledovatel'skij centr kartofelya imeni A.G. Lorha", 2022. – 570 p. – ISBN 978-5-901282-36-6.
3. Kartofelevodstvo Rossii: sostoyanie i perspektivy v novykh usloviyah / E. A. Simakov, B. V. Anisimov, S. V. Zhevora [i dr.] // Kartofel' i ovoshchi. – 2022. – № 4. – pp. 3–6. – DOI 10.25630/PAV.2022.80.38.001.
4. Osipov, A.I. Istoriya kartofelya ot Petra Velikogo do nashih dnei. V sbornike nauchnyh trudov Otdeleniya sel'skohozyajstvennyh nauk Petrovskoj akademii nauk i iskusstv. Vyp. 10. SPb: Severnaya Zvezda/, 2023. – pp. 88–96.
5. Zhevora, S.V., Anisimov, B.V., Simakov, E.A. [i dr.] Prioritetnye napravleniya innovacionnogo razvitiya kartofelevodstva / Selekcija i semenovodstvo kartofelya : monografiya. – CHEboksary : Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie "Vserossijskij nauchno – issledovatel'skij institut kartofel'nogo hozyajstva imeni A.G. Lorha", 2020. – pp. 20 – 25.
6. Kartofel' i tekhnologii ego glubokoj pererabotki / V. V. Litvyak, N. D. Lukin, E. A. Simakov [i dr.]. – Moskva: Obschestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "FLINTA", 2021. – 896 p. – ISBN 978-5-9765-4595-3.
7. ZHeryakov, E.V. Formirovanie urozhajnosti i kachestva klubnej kartofelya dlya promyshlennoj pererabotki v zavisimosti ot sortovyh osobennostej i urovnya mineral'nogo pitaniya / E. V. ZHeryakov, D. A. Klimov // Agrotekhnologicheskie osnovy tekhnologij vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet; Pod obshchej redakciej: S.V. Bogomazova, A.A. Galiullina. – Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. – pp. 46–78.
8. Primenenie udobrenij pri biologizacii kartofelevodstva / S. V. Zhevora, L. S. Fedotova, N. A. Timoshina, E. V. Knyazeva // Plodorodie. – 2021. – № 1(118). – pp. 50–53. – DOI 10.25680/S19948603.2021.118.14.
9. Quality evaluation, phytochemical characteristics and estimation of beta – carotene hydroxylase 2 (Chy2) alleles of interspecific potato hybrids / O. B. Polivanova, E. M. Gins, E. A. Moskaev [et al.] //Agronomy. – 2021. – Vol. 11, No. 8. – P. 1619. – DOI 10.3390/agronomy11081619.
10. Gazdanova, I. YU., Bekmurzov, B.V. Urozhajnost' i kachestvo kartofelya v zavisimosti ot primeneniya raznyh doz mineral'nyh udobrenij // Agrarnyj vestnik Urala – 2022. – №5 – pp. 1–11.
11. Zhevora, S.V. Innovations and Perspective Technologies in the Potato and Vegetable Subcomplex of the Agro-Industrial Complex in Russia / S. V. Zhevora, V. V. Tulcheev, M. Y. Borisov // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. Vol. 205, Volume 1. – Heidelberg: Springer International Publishing, 2021. – pp. 65–72. – DOI 10.1007/978-3-030-73097-0_9.
12. Ocenka vysokokrahmalistyh sortov kartofelya po intensivnosti nakopleniya krahmala i razmeru krahmal'nyh zeren / A. V. Mityushkin, A. A. ZHuravlev, Al-r V. Mityushkin, A. S. Gajzatulin, S. S. Salyukov, S. V. Ovechkin, V. A. Semenov, E. A. Simakov // Kartofel' i ovoshchi. 2021. №8. pp. 29–33. <https://doi.org/10.25630/PAV.2021.51.84.005>
13. Agri Stream: udobrenie dlya professionalov [Elektronnyj resurs] Kompleksnye vodorastvorimye udobreniya Grin-Go <https://agrifleks.su/products/kompleksnye-vodorastvorimye-udobreniya/grin-go/> (data obrashcheniya 17.12.2018).
14. Agri Stream: udobrenie dlya professionalov [Elektronnyj resurs] Mikroudobreniya Reksolin <https://agrifleks.su/products/mikroudobreniya/reksolin/> (data obrashcheniya: 17.12.2018).
15. Kartofel' dlya pererabotki: parametry kachestva, special'nye sorta, osobennosti vyrashchivaniya / E. A. Simakov, B. V. Anisimov, A. V. Mityushkin [i dr.]. – CHEboksary : Gruppa kompanij "Aster", 2019. – 40 p. – ISBN 978-5-6040951-6-4.
16. Kidin, V.V. Osobennosti pitaniya i udobreniya ovoshchnyh kul'tur i kartofelya: ucheb. posobie / V. V. Kidin. – M.: INFRA-M, 2019. – 202 p.
17. Joardder, M.U.H., Masud, M.H. Food Preservation Techniques in Developing Countries // Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions. Cham: Springer, 2019. pp. 67–125. DOI: 10.1007/978-3-030-11530-2_4.

18. Anisimov, B.V. Potato – Growing History in Russia. Categories and Classes/Generations of Potato Seed and the System of Its Production Stages / B. V. Anisimov, E. A. Simakov, S. V. Zhevora // Potato Seed Production. – Cham: Springer – Verlag GmbH, 2021. – pp. 3–12. – DOI 10.1007/978-3-030-60762-3_1.

Сведения об авторах

Спиридонов Анатолий Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 5030-1241.

Рачеева Анна Ивановна – старший преподаватель кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7763-8774.

Information about the authors

Anatoly M. Spiridonov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 5030-1241.

Anna I. Racheeva – Senior Lecturer of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», spin-code: 7763-8774.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 24.03.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023.; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 24.03.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 633.854.54:631.895

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-20-31

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ЛИГНОГУМАТ
В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО
(*LINUM USITATISSIMUM* L.)****Мария Анатольевна Носевич**

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; mnosevich@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-5639-094X>

Реферат. Исследования по изучаемой теме проводились на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ с 2018 по 2020 гг. Объектами полевого эксперимента являлись: лен масличный сорта ЛМ 98 и различные марки органоминерального удобрения Лигногумат. Целью исследований являлось определение влияния различных способов применения и марки органоминерального удобрения Лигногумат на рост, развитие и семенную продуктивность льна масличного. В задачи исследований входило: изучить действие различных способов применения и марки Лигногумата на полевую всхожесть семян и сохраняемость растений льна масличного к уборке; определить влияние изучаемых факторов на элементы структуры урожая культуры и выявить наиболее эффективные способы применения и марку Лигногумата при оценке урожайности семян льна масличного. В результате исследований было установлено, что в условиях Ленинградской области на дерново-карбонатных почвах при естественном увлажнении и инокуляции или при комбинированном использовании (инокуляция + опрыскивание) Лигногумата марок КАМ, КБМ и КБМ Супер БИО ежегодно можно получать стабильно высокую урожайность семян льна масличного сорта ЛМ 98 – на уровне 2,0 т/га. Применение Лигногумата различных марок для инокуляции льна масличного стимулирует прорастание семян, что, в свою очередь, повышает полевую всхожесть у сорта ЛМ 98 на 8,3–12,8%. При этом проявляется адаптация посевов культуры к экстремальным условиям внешней среды, что повышает сохраняемость растений к уборке на 5,3–9,6%. Наибольшее количество коробочек и семян сформировалось при инокуляции перед посевом льна Лигногуматом марки КАМ. В этом варианте в среднем на одном растении отмечены лучшие показатели: 21 коробочка общей массой 1,4 г и 174 шт. семян общей массой 1,1 г, что в 1,2–1,6 раза больше по сравнению с контролем и другими вариантами опыта. Достоверно лучшей маркой Лигногумата при инокуляции льна масличного является КАМ с уровнем урожайности семян 2,3 т/га, что выше на 35% по сравнению с контролем. Комбинированное использование (инокуляция и двукратное опрыскивание посевов льна во время вегетации) всех изучаемых марок препарата в равной степени привело к достоверному повышению урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98 на 31–34% по сравнению с контролем, при этом формируется урожайность семян на уровне 2,0 т/га.

Ключевые слова: лен масличный, Лигногумат, урожайность семян, полевая всхожесть, сохраняемость, элементы структуры урожая

Цитирование. Носевич М.А. Использование органоминерального удобрения Лигногумат в технологии возделывания льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – №2 (71). – С. 20–31. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-20-31

THE USE OF ORGANOMINERAL FERTILIZER LIGNOHUMATE IN CULTIVATION TECHNOLOGY OILSEED FLAX (*LINUM USITATISSIMUM* L.)

Mariya A. Nosevich

Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; mnosevich@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5639-094X>

Abstract. The research on the studied topic was conducted on a small experimental field of the I.A. Stebut Department of Crop Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education St. Petersburg State Agrarian University from 2018 to 2020. The objects of the field experiment were: flax oilseed variety LM 98, and different brands of organomineral fertilizer Lignogumat. The aim of the research was to determine the effect of different ways of application and the organomineral fertilizer Lignohumate on growth, development and seed productivity of oilseed flax. The research objectives were: to study the effect of different ways of application and Lignogumat brand on field germination of seeds and preservation of oilseed plants for harvesting; to determine the influence of the studied factors on the elements of crop yield structure and to reveal the most effective way of application and Lignogumat brand when estimating the yield of oilseed flax seeds. As a result of research it was established that under the conditions of Leningrad region on sod-carbonate soils, with natural moisture and inoculation or with the combined use (inoculation + spraying) of Lignohumate of KAM, KBM and KBM Super BIO brands, a stable high yield of oilseed flax seeds of LM 98 variety can be obtained annually at 2,0 t/ha. The application of Lignohumate of different grades for oilseed inoculation stimulates seed germination, which, in turn, increases the field germination of the variety LM 98 by 8,3-12,8%. At the same time, the adaptation of the crop to the extreme environmental conditions is manifested, which increases the persistence of plants for harvesting by 5,3-9,6%. The greatest quantity of flax balls and seeds was formed at inoculation before sowing of flax with Lignohumate of KAM brand. In this variant on one plant average results were: 21 bolls with seeds, weight 1,4 g and 174 seeds pieces, weight 1,1 g, that is 1,2-1,6 times more in comparison with the control and other variants of experiment. The reliably best brand of Lignohumate for oilseed flax inoculation is KAM with a seed yield level of 2,3 t/ha, which is higher by 35% compared to the control. The combined use (inoculation and double spraying of flax crops during vegetation) of all the studied brands of the preparation equally resulted in reliable increase of the seed yield of the oilseed variety LM 98 by 31-34% in comparison with the control, with the seed yield formed at the level of 2,0 t/ha.

Keywords: *oilseed flax, Lignohumate, seed yield, field germination, preservation, crop structure elements*

Citation. Nosevich, M.A. (2023), "The use of organomineral fertilizer Lignohumate in the technology of cultivation of oilseed flax (*Linum usitatissimum* L.)", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 20–31 (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-20-31

Введение. Высокие потребительские качества и хорошая приспособляемость к условиям произрастания способствуют широкому распространению производства льна масличного, посевные площади под которым в мире составляют более 7 млн га [1]. За последние годы масличный лён стал экспортоориентированной культурой, спрос на которую возрастает как в Европе, так и в азиатских странах [2], при этом доля России в мировом производстве в 2021 г. составила 45,8% [3, 4, 5]. Высокая востребованность культуры способствовала резкому росту её посевных площадей, которые, по данным Росстата, в хозяйствах всех категорий за последние годы увеличились в 2,6 раза – с 814,7 тыс. га в 2019 г. (Посевные площади льна-кудряша (лен масличный) в России. Итоги 2019 года..., 2019) до 2,1 млн га – в 2022 г. (Итоги-2022: масличные..., 2023).

Лен масличный является ценной технической и продовольственной культурой многогранного использования (семена, масло, короткое волокно, жмых и шрот) [6]. Из семян льна получают масло, а жмых и шрот как ценные добавки идут на корм скоту [7]. Питательные вещества льняного жмыха легко усваиваются животными, повышают надой коров и содержание в молоке жира.

Для нормального роста и развития посевов и получения стабильно высоких урожаев культуры рекомендуется вносить минеральные удобрения [6, 8]. В настоящее время повышается интерес к поиску новых источников питания растений и защиты их от патогенов. Одним из решений является создание экологически адаптированных технологий возделывания полевых культур, основанных на мобилизации биологических факторов.

Использование физиологически активных веществ (ФАВ) является резервом повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Такими ФАВ являются и гуминовые вещества, к которым относится Лигногумат, высокоэффективный препарат, созданный путем ускоренной гумификации растительного сырья.

Гуматы способствуют ускорению процесса обмена веществ в растениях, усиливается дыхание и поступление минеральных солей из почвенной среды. Растворимые формы гумусовых веществ стимулируют жизнедеятельность почвенных организмов, что способствует улучшению минерального питания растений. Все это приводит к повышению роста растений и улучшению качества урожая.

Лигногумат – высокоэффективное технологичное гуминовое удобрение с микроэлементами в хелатной форме со свойствами стимулятора роста, иммуномодулятора и антистрессанта. Препарат обладает широким спектром действия на растения: стимулирует развитие и рост, увеличивает их урожайность и качество выращиваемой продукции (Тугаринов А.В., 2007). В основе Лигногумата лежит продукт переработки древесины, поэтому его можно отнести к экологически чистым препаратам и использовать без вреда для окружающей среды.

По физическим свойствам Лигногумат состоит из темноокрашенных веществ, характерных для гумусоподобных продуктов, хорошо растворим в щелочной среде, обладает способностью окисляться при действии сильных окислителей и содержит большое количество органически связанной серы (Брыкалов А.В., Гладков О.А., Романенко Е.С., Павленко Н.А., 2004).

Исходными продуктами для получения всех модификаций Лигногумата являются 20% водные растворы, которые отличаются по содержанию натриевого или калиевого катиона и наличию или отсутствию дополнительных микроэлементов. Препарат стимулирует естественные механизмы выноса НРК и позволяет сократить нормы внесения минеральных удобрений за счет ускорения перевода азота, фосфора и калия в легкодоступные для растений формы [9].

По мнению Л.Н. Екатериной, Р.Х. Аляутдиновой, Л.В. Мотовилова (1986) и И.А. Мельника, В.Б. Ковалева, В.А. Костюка (1989), применение гуматов можно сочетать с различными агротехническими приемами, такими как полив, подкормка минеральными удобрениями, химическая обработка средствами защиты растений.

Двукратное применение Лигногумата на озимой пшенице (на семенах и растениях) способствует получению прибавки урожая на 6–16% (Шаповал О.А., 2004; Романенко Е.С., Брыкалов А.В., Мазницына О.В., Павленко Н.А., 2006) и качественно сказывается на элементах структуры урожая: число зерен становится больше на 11,5%, масса 1000 семян больше на 10,9%, длина колоса увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем (Булгакова М.П., Приходько Л.А., 1983; Горовая А.И., Кулик А.Ф., 1983).

Л.Н. Екатерина и др. (1986) в своих работах отметили стимулирующее влияние гумата натрия на поглощение растениями средневолокнистого хлопчатника квантов света.

По данным Л.А. Христовой, Л.А. Реутова, Н.В. Лукьяненко и др. (1973), И.А. Мельника, В.Б. Ковалева, В.А. Костюка (1986), гуматы с успехом применяют под томаты, капусту, огурцы, лен, виноград, картофель зерновые, плодовые и ягодные, лук, эфиромасличные и декоративные культуры. Следует отметить, что действие гуматов на разных почвах различно. Так, наибольший эффект от их применения наблюдается на песчаных и малогумусированных почвах. Под влиянием гумата натрия увеличивается сопротивление растений к неблагоприятным внешним условиям. Растения легче переносят засуху, повышенную температуру и другие отклонения внешних условий от нормы, в том числе и ранние заморозки.

Научные исследования, проведенные в различных регионах страны, свидетельствуют, что применение Лигногумата при возделывании сельскохозяйственных культур способствует получению существенных прибавок урожая. При этом рекомендации по способам использования есть разные, и установить оптимальную довольно сложно, т. к. исследования проводились в разных почвенно – климатических условиях.

Поэтому знание особенностей питания льна масличного, которые предопределяются биологией культуры, условиями питания в конкретных условиях окружающей среды, является основой для разработки научно – обоснованной системы удобрения, которая направлена на получение оптимальных урожаев семян с высокими технологическими качествами. Решению этих вопросов посвящена данная работа.

Цель исследования – определение зависимости роста, развития и семенной продуктивности льна масличного от способов применения органоминеральных удобрений разных марок Лигногумата.

В задачи исследований входило: 1) изучить действие различных способов применения и марки Лигногумата на полевую всхожесть семян и сохраняемость растений льна масличного к уборке; 2) определить влияние изучаемых агротехнических приемов на элементы структуры урожая культуры; 3) выявить наиболее эффективные способы применения и марку Лигногумата при оценке урожайности семян льна масличного.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования по изучаемой теме проводились на малом опытном поле кафедры растениеводства им. И.А. Стебута ФГБОУ ВО СПбГАУ с 2018 по 2020 гг.

Объектами мелкоделяночного опыта являлись: лен масличный сорта ЛМ 98 и различные марки органоминерального удобрения Лигногумат. Препарат для исследований предоставлен компанией ООО «Лигногумат».

Экспериментальный опыт включал 7 вариантов: 1) контроль (без применения Лигногумата; семена перед посевом обрабатывали дистиллированной водой); 2) инокуляция Лигногуматом марки КАМ (далее КАМ); 3) инокуляция Лигногуматом марки КАМ + двукратное опрыскивание вегетирующих растений льна во время вегетации (далее инокуляция + опрыскивание); 4) инокуляция Лигногуматом марки КБМ (далее КБМ); 5) инокуляция Лигногуматом марки КБМ + двукратное опрыскивание; 6) инокуляция Лигногуматом марки КБМ Супер БИО (далее КБМ Супер БИО); 7) инокуляция Лигногуматом марки КБМ Супер БИО + двукратное опрыскивание.

Опыт проведен методом организованных повторений, делянки в повторениях размещены рендомизированно. Площадь опытной делянки составляла 1,3 м² в 4-кратном повторении. Для снижения краевого эффекта по краям делянок дополнительно высевали защитные ряды.

Почва опытного участка дерново-карбонатная среднесуглинистая. Содержание гумуса среднее (2,7-3,2%), подвижных форм фосфора – очень высокое (392-423 мг/кг), подвижных форм калия – высокое и очень высокое (188-266 мг/кг), реакция почвенного раствора слабокислая (5,5-5,8).

Посев льна масличного проводили в 2018 г. 9 мая, в 2019 г. – 1 мая, а в 2020 г. – 16 мая. Норма высева составила 6 млн всхожих семян/га с учетом показателей лабораторной всхожести и массы 1000 семян. Очес коробочек льна масличного производили вручную в фазу полной спелости.

В годы проведения исследований метеорологические условия складывались неодинаково (рис. 1). В 2018 г. температура воздуха с апреля по сентябрь месяц была выше нормы на 0,4–3,4°C. Анализируя влагообеспеченность культуры, можно отметить обилие осадков в июле и в сентябре месяце, где превышение нормы хоть и было незначительным – 8 и 23% соответственно, однако это повлияло на качество уборки. Гидротермический коэффициент вегетационного периода льна масличного составил 1,03 и характеризует 2018 как год оптимального увлажнения.

В 2019 г. средняя температура мая превысила норму на 1,5°C и составила 12,8°C, осадков выпало 77,3 мм, что на 28,3 мм или 58% больше среднемноголетнего значения. Температура воздуха в июне составила 18,3°C, что выше среднемноголетнего значения на 2,4°C, а в июле, наоборот, отмечено снижение этого показателя до 16,2°C, что ниже нормы на 1,7°C. В дальнейшем (август–сентябрь) температура воздуха находилась на уровне среднемноголетних значений. Анализируя влагообеспеченность культуры с июня по сентябрь, можно отметить дефицит осадков, особенно в августе, когда выпало всего 29,2 мм, что составляет 41% от нормы.

За вегетационный период льна (май–сентябрь) сумма активных температур составила 2243,8°C, осадков выпало 257,2 мм, гидротермический коэффициент находился на уровне 1,15, что характеризует оптимальные условия для роста и развития культуры.

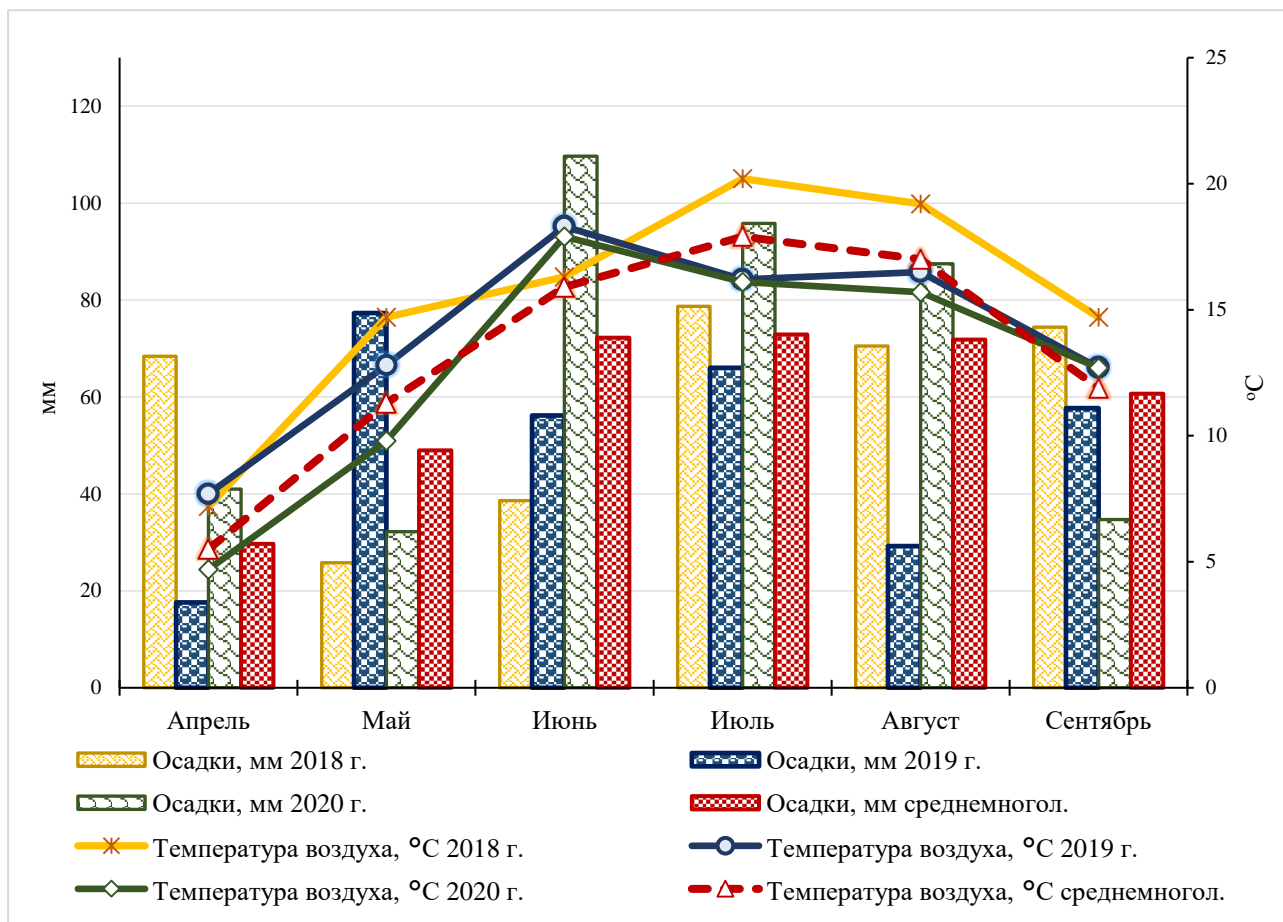


Рисунок 1. Среднемесячная температура воздуха (°C) и распределение атмосферных осадков (мм) за вегетационный период льна масличного в 2018-2020 гг.

Figure 1. Average monthly air temperature (°C) and precipitation distribution (mm) during the growing season of oilseed flax in 2018-2020.

К моменту посева льна в 2020 г. (16 мая) сложились благоприятные по температурному режиму и увлажнению условия. Сумма активных температур до посева составила 218,5°C, наименьшая влагоемкость (НВ) почвы в слое 5 см – 30,9%, температура почвы 10,0°C. Все это обусловило появление дружных всходов льна масличного. В среднем температура воздуха в мае находилась на уровне 9,8°C, что ниже среднемноголетнего значения на 1,5°C. Осадков выпало за этот период 66% от нормы.

Температура воздуха в июне превышала среднемноголетнее значение на 2,0°C и составила 17,9°C, а в июле и августе, наоборот, отмечено снижение этого показателя до 16,1 и 15,7°C, что ниже нормы на 1,8 и 1,3°C соответственно.

В сентябре, когда проводили уборку, была теплая и сухая погода. Средняя температура воздуха сентября находилась на уровне 12,7°C, объем осадков составил 34,7 мм, что меньше нормы на 43%.

Анализируя влагообеспеченность культуры с июня по август, можно отметить избыточное количество осадков, особенно в июне, когда выпало 109,7 мм – 152% от нормы, что в дальнейшем отрицательно сказалось на росте, развитии и продуктивности льна.

За вегетационный период льна масличного (с 26 мая по 24 сентября) сумма активных температур составила 1873,5°C, осадков выпало 327,7 мм, гидротермический коэффициент находился на уровне 1,75 и характеризует (по Селянинову) это время как период избыточного увлажнения.

Учеты и наблюдения в ходе исследования осуществлялись по методике ВНИИМК им. В.С. Пустовойта [10] и по Б.А. Доспехову [11].

Результаты исследования. В течение 3 лет наблюдений отмечали положительное действие различных марок Лигногумата на полевую всхожесть семян льна масличного, так как этот показатель был выше по всем испытываемым вариантам (рис. 2).

В среднем за 3 года применение Лигногумата различных марок для инокуляции льна масличного стимулировало прорастание семян, что, в свою очередь, повышало полевую всхожесть у сорта ЛМ 98 на 8–13%. При этом проявлялась адаптация посевов культуры к экстремальным условиям внешней среды, что повышало сохраняемость растений к уборке на 5-10%. Это способствовало формированию стеблестоев льна масличного с большим на 19–25% количеством растений на единицу площади перед уборкой культуры.

По исследованиям М.Ф. Трифонова, Л.Ф. Бобыря (1988) и В.С. Шевелухи, И.К. Блиновского (1990), семена, обработанные гуматами, дают всходы на 2–3 дня раньше, – это связано с тем, что гумат покрывает поверхность семян тонкой пленкой, которая после высева семян в почву начинает растворяться в почвенной влаге, при этом образует вокруг семени стимулирующую концентрацию гумата, что активизирует рост корней и точки роста зародыша.

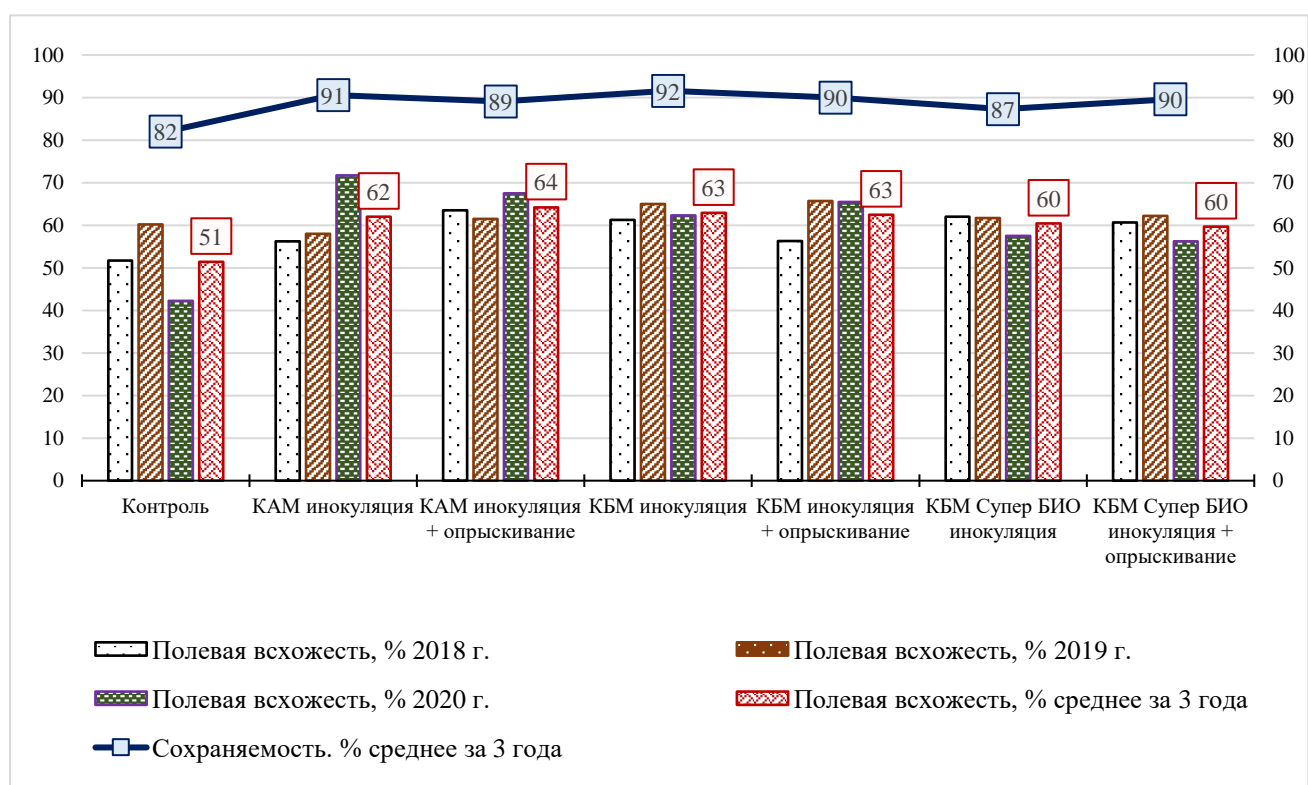


Рисунок 2. Динамика полевой всхожести льна масличного за 2018-2020 гг., % и сохраняемость растений льна к уборке, средняя за 2018-2020 гг., %

Figure 2. Dynamics of field germination of oil flax for 2018-2020, % and persistence of flax plants for harvesting, average for 2018-2020, %

Гуминовые вещества способствуют оттоку сахаров из эндосперма в ростки, увеличивается расход запасных питательных веществ при прорастании семян, что сопровождается повышением энергии прорастания и усилением ростовых процессов. Обусловлено это тем, что при обработке семян гуматами содержание сухого вещества в семядолях и эндосперме снижается, а в ростках повышается (Христева Л.А., Реутов Л.А., Лукьяненко Н.В. и др., 1973; Попов А.И., 1988).

В течение 3 лет наблюдений за элементами структуры урожая семян сохранялась одинаковая тенденция, поэтому данные представлены в среднем за 3 года (табл. 1).

Таблица 1. Элементы структуры урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98 в зависимости от способа применения Лигногумата в среднем за 2018-2020 гг.
 Table 1. Elements of the yield structure of flax seeds of the oilseed variety LM 98 depending on the method of application of Lignohumate on average for 2018-2020

Марка Лигногумата и способ обработки	Количество, шт.					Длина соцветия, см	Масса, г	
	растений перед уборкой, м ²	стеблей на растении	коробочек на растении	семян в коробочке	семян на растении		коробочек	семян с растения
Контроль	258,3	1,7	13,0	8,4	108,4	15,0	0,899	0,68
КАМ инокуляция	334,3	2,5	20,7	8,4	173,9	16,1	1,396	1,066
КАМ инокуляция + опрыскивание	341,7	2,2	17,4	8,4	146,9	15,2	1,101	0,855
КБМ инокуляция	346,0	1,6	12,9	8,5	109,8	13,1	0,887	0,698
КБМ инокуляция + опрыскивание	337,0	1,8	13,9	8,7	121,8	11,9	1,011	0,767
КБМ Супер БИО инокуляция	317,7	1,8	14,5	8,6	124,9	14,3	1,026	0,793
КБМ Супер БИО инокуляция + опрыскивание	322,0	1,7	16,5	8,7	143,4	13,5	1,153	0,889

Урожайность семян льна зависит от густоты стеблестоя, количества коробочек на растении и их обсемененности. Образование коробочек отрицательно коррелирует с числом растений на единицу площади. Высокая продуктивность определяется сочетанием максимального количества коробочек на растении и среднего количества семян в коробочке, массы 1000 семян и количества стеблей на растении.

Анализ элементов структуры урожайности семян льна масличного показал, что наибольшее количество коробочек и семян сформировалось при инокуляции перед посевом Лигногуматом марки КАМ. В этом варианте в среднем на одном растении отмечены лучшие показатели: 21 коробочка общей массой 1,4 г и 174 шт. семян общей массой 1,1 г, что в 1,2–1,6 раза больше по сравнению с контролем и другими вариантами опыта.

Масса 1000 семян и выполненность семян льна масличного зависели от погодных условий вегетационного периода культуры и не зависели от изучаемых технологических приемов, так как значения находились на одном уровне: масса 1000 семян – от 6,0 до 6,4 г, выполненность – от 88 до 92%.

На урожайность льна масличного в большей степени влияли метеорологические условия в течение вегетационного периода культуры, чем изучаемые агротехнические приемы

(рис. 3). Так, максимальную урожайность семян от 2,1 до 3,4 т/га получили на второй год проведения исследований, на 26–63% больше по сравнению с третьим годом, где отмечены худшие значения по этому показателю.

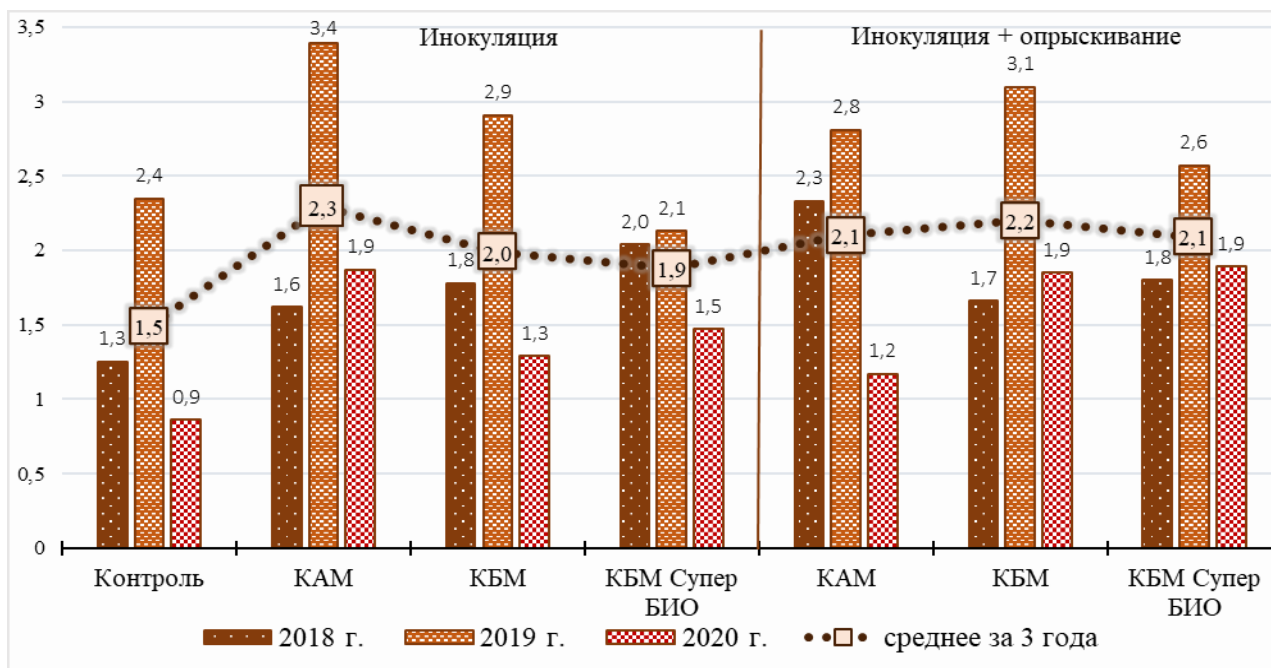


Рисунок 3. Динамика урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98 в зависимости от способа применения различных марок Лигногумата за 2018-2020 гг., т/га
Figure 3. Dynamics of the yield of flax seeds of the LM 98 oilseed variety depending on the method of application of various brands of Lignohumate for 2018-2020, t/ha

Следует отметить достоверное увеличение урожайности семян сорта ЛМ 98 в результате применения всех изучаемых марок Лигногумата за годы наблюдений (табл. 2). Исключением являлся вариант, где проводилась инокуляция Лигногуматом марки КБМ Супер БИО в 2019 г., когда получили самые низкие показатели семенной продуктивности льна.

Таблица 2. Статистические данные урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98, т/га за годы исследований
Table 2. Statistical data on the yield of flax seeds of the oilseed variety LM 98, t/ha over the years of research

Статистические показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее за 3 года
НСР ₀₅ для частных различий	0,32	0,31	0,24	0,29
НСР ₀₅ для фактора А	0,23	0,23	0,17	0,21
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ	0,19	0,18	0,14	0,17

В среднем за 3 года достоверно лучшей маркой Лигногумата при инокуляции льна является КАМ с уровнем урожайности семян 2,3 т/га, что выше на 35% по сравнению с контролем. Комбинированное использование (инокуляция и двукратное опрыскивание посевов льна во время вегетации) всех изучаемых марок препарата в равной степени привело к достоверному повышению урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98 на 31–34% по сравнению с контролем, при этом формируется урожайность семян на уровне 2,0 т/га.

Гумусовые кислоты увеличивают поступление минеральных элементов и органических соединений в растения за счет повышения проницаемости их клеточных мембран. В растения поступают металлогумусовые соединения без предварительного их расщепления до неорганических элементов. Растениями поглощаются низкомолекулярные частицы и высокомолекулярные фрагменты гумусовых кислот, которые подвергаются внутри растений трансформации, являются источником ФАВ, положительно влияют на рост, развитие и продуктивность растений (Христева Л.А., 1957; Красноярова Л.А., Немчанинова А.В., 2014).

Выводы. 1. В условиях Ленинградской области на дерново-карбонатных почвах при естественном увлажнении и инокуляции или при комбинированном использовании (инокуляция + опрыскивание) Лигногумата марок КАМ, КБМ и КБМ Супер БИО ежегодно можно получать стабильно высокую урожайность семян льна масличного сорта ЛМ 98 – на уровне 2,0 т/га.

2. Применение Лигногумата различных марок для инокуляции льна масличного стимулирует прорастание семян, что, в свою очередь, повышает полевую всхожесть у сорта ЛМ 98 на 8,3–12,8%. При этом проявляется адаптация посевов культуры к экстремальным условиям внешней среды, что повышает сохраняемость растений к уборке на 5,3–9,6%. Это способствует формированию стеблестоев льна масличного с большим (на 19–25%) количеством растений на единицу площади перед уборкой культуры.

3. Наибольшее количество коробочек и семян формируется при инокуляции перед посевом льна Лигногуматом марки КАМ. В этом варианте в среднем на одном растении отмечены лучшие показатели: 21 коробочка общей массой 1,4 г и 174 шт. семян общей массой 1,1 г, что в 1,2–1,6 раза больше по сравнению с контролем и другими вариантами опыта.

4. Достоверно лучшей маркой Лигногумата при инокуляции льна является КАМ с уровнем урожайности семян 2,3 т/га, что выше на 35% по сравнению с контролем. Комбинированное использование (инокуляция и двукратное опрыскивание посевов льна во время вегетации) всех изучаемых марок препарата в равной степени привело к достоверному повышению урожайности семян льна масличного сорта ЛМ 98 на 31–34% по сравнению с контролем, при этом формируется урожайность семян на уровне 2,0 т/га.

Список источников литературы

1. Gruzdeviene, E., Jankauskiene, Z. (2010), «The possibilities of linseed growing on organic farms», *Latgale National Economy Research*, vol. 1, no. 2, pp. 157–164. DOI: <https://doi.org/10.17770/lner2010vol1.2.1801>.
2. Goreeva V., Korepanova E., Fatykhov I. and Islamova C. (2020), «Response of oil flax varieties to abiotic conditions of the Middle Cis – Ural region by formation of seed yield», *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj – Napoca* no. 48(2):1005-1016. DOI:10.15835/nbha48211895.
3. Бушнев, А.С. Гербициды почвенного действия в системе защиты масличного льна от сорняков на юге России / А. С. Бушнев, Г. И. Орехов, С. П. Подлесный и др. // Масличные культуры. – 2022. – Вып. 1 (189). – С. 62–73. DOI: 10.25230/2412-608X-2022-1-189-62-73.
4. Зеленцов С.В. Лен масличный и перспективы его выращивания / С. В. Зеленцов // Аграрный сектор: сельскохозяйственный журнал. – № 4 (50), декабрь 2021 – январь 2022. – С. 70–74. – URL: www.agrosector.kz/ (дата обращения: 02.05.2023).
5. Иванова, Е.В. Лен масличный: ведущие производители и рынок производства (обзор) / Е. В. Иванова, Е. Л. Андроник, Д. А. Батюков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3 – С. 69–75.
6. Носевич, М.А. Влияние уровня минерального питания на урожайность, накопление и состав масла семян льна масличного в условиях Ленинградской области / М. А. Носевич, Е. В. Абушинова, В. И. Рошин, Д. Н. Ведерников // Масличные культуры: научно-технический

- бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – Вып. 2 (170). – С. 64–69.
7. Ефименко, С.Г. Экспресс – оценка содержания масла и влаги в семенах масличного льна с помощью ИК – спектрометрии / С. Г. Ефименко, С. К. Ефименко // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 63–70. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-63-70.
 8. Emam, S.M. (2019), «Cultivars response of flax (*Linum usitatissimum* L.) to different nitrogen sources in dry environment», *Egyptian Journal of Agronomy*, vol. 41 no. 2, pp. 119–131. DOI: 10.21608/agro.2019.10947.1157.
 9. Стимулятор роста и гуминовое удобрение Лигногумат /Официальный сайт компании «Лигногумат». URL: <https://spb.lignohumate.ru/primenenie-lignogumata/preparat-lignogumat-otlichitelnye-osobennosti/> (дата обращения: 25.03.2021).
 10. Лукомец, В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В. М. Лукомец, Н. М. Тишков, В. Ф. Баранов и др.; под общей редакцией В. М. Лукомца, чл.-кор. РАСХН, д-ра с.-х. наук. – Изд-е 2, перераб. и доп. – Краснодар, 2010. – 327 с.
 11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

References

1. Gruzdeviene, E., Jankauskiene, Z. (2010), “The possibilities of linseed growing on organic farms”, *Latgale National Economy Research*, vol. 1, no. 2, pp. 157–164. (In Russ.).
2. Goreeva, V., Korepanova, E., Fatykhov, I. and Islamova, C. (2020), “Response of oil flax varieties to abiotic conditions of the Middle Cis – Ural region by formation of seed yield”, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj – Napoca* no. 48(2):1005-1016. DOI:10.15835/nbha48211895.
3. Bushnev, A.S., Orekhov, G.I., Podlesny, S.P. et al. (2022), “Herbicides of soil action in the system of protection of oilseed flax from weeds in the south of Russia”, *Oil Crops*, no. 1 (189). – pp. 62–73. (In Russ.).
4. Zelentsov, S.V. (2022), “Oilseed flax and prospects for its cultivation”, *Agrarian sector agricultural journal, Pain* [Electronic], no. 4 (50), pp. 70–74, available at: www.agrosector.kz/ (accessed 2 May 2023). (In Russ.).
5. Ivanova, E.V., Andronik, E.L. and Batyukov, D.A. (2022), “Oilseed flax: leading producers and the production market (review)”, *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, no.3, pp. 69–75. (In Russ.).
6. Nosevich, M.A., Abushinova, E.V., Roshchin, V.I. and Vedernikov, D.N. (2017), “Influence of the level of mineral nutrition on productivity, accumulation and composition oil in flaxseeds in the Leningrad region”, *Oil Crops*, no. 2 (170). – pp. 64–69. (In Russ.).
7. Efimenko, S.G. and Efimenko, S.K. (2020), “Express assessment of oil and moisture content in oilseed flax seeds using IR spectrometry”, *Oil Crops*, no. 3 (183). – pp. 63–70. (In Russ.).
8. Emam, S.M. (2019), “Cultivars response of flax (*Linum usitatissimum* L.) to different nitrogen sources in dry environment”, *Egyptian Journal of Agronomy*, vol. 41 no. 2, pp. 119–131. DOI: 10.21608/agro.2019.10947.1157.
9. Official website of the company “Lignohumat” (2021) “Growth stimulator and humic fertilizer Lignohumat”, available at: <https://spb.lignohumate.ru/primenenie-lignogumata/preparat-lignogumat-otlichitelnye-osobennosti/> (accessed: 25 March 2021). (In Russ.).
10. Lukomets, V.M., Tishkov, N.M., Baranov, V.F. et al. (2010), *Metodika provedenija polevyh agrotehnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami* [Methods of conducting field agrotechnical experiments with oilseeds], 2nd ed., in Lukomets, V.M. (ed.), Krasnodar, Russia.
11. Dosphehov, B.A. (2011), *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)], Al'jans, Moscow, Russia.

Сведения об авторе

Носевич Мария Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры растениеводства им. И.А. Стебута, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 9993-0426, Scopus author ID: 57209273775, Researcher ID: AAE-7697-2021.

Information about the author

Mariya A. Nosevich – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of the department of Plant Industry named after I.A. Stebut, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-код: 9993-0426, Scopus author ID: 57209273775, Researcher ID: AAE-7697-2021.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимала непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомилась и одобрила представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.05.2023; одобрена после рецензирования 24.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 10.05.2023; approved after reviewing 24.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК: 665.334.7

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-31-38

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МАСЛА И ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ОБРАЗЦАХ СЕМЯН НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ (*NIGELLA SATIVA* L.)

Галина Степановна Осипова¹, Салих Раад Хуссейн Салих²

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; prof.osipova@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5433-4482>

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; raad.salih@su.edu.krd;
<https://orcid.org/0009-0006-2775-1367>

Реферат. Нигелла посевная относится к семейству лютиковых и является пряным и лекарственным растением. Традиционно нигелла посевная используется в качестве средства для лечения различных видов расстройств, возникающих в дыхательной системе, пищеварительном тракте, сердечно-сосудистой системе, почках, печени и иммунной системе. Целебные свойства нигеллы посевной связаны с биохимическим составом семян.

Цель исследования – изучение содержания масла и жирных кислот профиля в семенах нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) сортов Местная Сирия, Шаразор, Каладес, Чваркурна и Шармн. Опыты проводили в пленочных теплицах на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Биохимические исследования проводили в центральной лаборатории Колледжа сельскохозяйственной инженерии, Университет Салахаддина-Эрбиль/Курдистан-Ирак.

Результаты исследований показали, что у сортов различалось содержание масла и жирных кислот. Высоким содержанием масла отличился сорт Шаразор – 42,25%, у сорта

Каладес – 40,33%, у сорта Чваркурна, Шармн и Местная Сирия меньше 40%. Основными жирными кислотами (соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот), содержащимися в семенах нигеллы посевной, являются пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты. Содержание жирных кислот в семенах варьировало среди сортов у пальмитиновой кислоты в пределах от 16,91% до 15,25%, у стеариновой кислоты от 0,913% до 0,633%, у олеиновой кислоты от 14,10% до 12,05%, у линолевой кислоты от 64,50% до 60,75% и у линоленовой кислоты от 1,850% до 0,880%.

Ключевые слова: нигелла посевная (*Nigella sativa* L.), сорта, семена, масла, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты

Цитирование: Осипова, Г.С., Салих, Р.Х.С. Сравнительная оценка содержания масла и жирных кислот в образцах семян нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 31-38. – doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-31-38

COMPARATIVE ASSESSMENT OF OIL AND FATTY ACID CONTENT IN SEED SAMPLES OF NIGELLA SOWN SEEDS (*NIGELLA SATIVA* L.)

Galina S. Osipova¹, Salih R. Hussain Salih²

¹St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; prof.osipova@mail.ru://orcid.org/0000-0002-5433-4482

²St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; raad.salih@su.edu.krd: <https://orcid.org/0009-0006-2775-1367>

Abstract. Black cumin is an important genus of family Ranunculaceae. Traditionally, black cumin is used as a medicament in a variety of disorders in the respiratory system, digestive tract, cardiovascular system, kidney, liver, and immune system as a medicament. The healing properties of *Nigella sativa* are associated with the biochemical composition of the seeds.

The aim of research was to study of oil and fatty acids profile in the seed of nigella varieties (*Nigella sativa* L.): Local Syria, Sharazor, Kalades, Chwarqurna and Sharmn. The experiments were carried out in film greenhouses on the experimental field of the St. Petersburg State Agrarian University. Biochemical studies were carried out at the Central Laboratory of the College of Agricultural Engineering, Salahaddin University-Erbil /Kurdistan-Iraq.

The results of the studies showed that the varieties differed according to content of oil and fatty acids. Sharazor variety gave the highest value (42,25%) in terms of seed oil, the Kalades variety –40,33%, but the varieties Chwarqurna, Sharmn and Local Syria less than 40% in terms of seed oil content. The main fatty acid compositions (unsaturated and saturated fatty acids) were found in the black cumin seeds are palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic acids. The content of fatty acids in seeds varied among varieties for palmitic acid ranging from 16,91%–15,25%, for stearic acid from 0,913%–0,633%, for oleic acid from 14,10%–12,05%, for linoleic acid from 64,50–60,75% and for Lenolenic acid from 1,850%–0,880%.

Keywords: *Nigella sativa* L. varieties, seeds, oils, palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic acids

Citation. Osipova G.S. Salih R.H.S., “Comparative assessment of oil and fatty acid content in seed samples of nigella sown seeds (*Nigella sativa* L.)”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2 , pp. 31-38 (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-31-38

Введение. Нигелла посевная (*Nigella sativa* L.) – это однолетнее растение, является одним из видов семейства лютиковых (Ranunculaceae) и классифицируется как пряное и лекарственное растение. Первоначально название этого вида «черный тмин» происходит от латинского слова *niger*, что означает черный и указывает на цвет его семян. Оно также имеет некоторые другие распространенные названия, такие как чернушка посевная, килинджи, цветок фенхеля, цветок мускатного ореха и римский кориандр [1].

Род чернушка – *Nigella* насчитывает около 20 видов, в мировой практике они находят использование, в основном, как пищевые и лекарственные растения. Сырьем являются семена четырех видов: чернушка дамасская – растет в Европейской части РФ и на Кавказе; чернушка посевная и чернушка индийская – произрастают в Индии, Афганистане, Пакистане; чернушка железистая – встречается в Туркмении и в Китае. В России *официальным* является сырье чернушки дамасской (ВФС 42-1691-87) – сырье для препарата «Нигедаза». Чернушка посевная зарегистрирована как гомеопатическое средство (рег. номер 95/335/805). Для использования семян чернушки в промышленной фармации необходимы расширение базы культивирования, совершенствование технологий возделывания, разработка нормативной документации и изучение химического состава сырья. Некоторые результаты подобных исследований приведены в данной статье.

Нигелла посевная широко выращивается в основном в Южном полушарии. Основные районы возделывания: Индия, Китай, Саудовская Аравия, Турция, Иран, Ирак, Пакистан, Египет, Тунис, Нигер, Марокко, Судан, Эфиопия, Средняя Азия, Кавказ и Закавказье, Испания, США [2].

Зрелые семена нигеллы посевной содержат 20,3% белка, 45,4% жира, 7,1% влаги, 7,4% золы, 19,8% углеводов [3]. Кроме того, черный тмин богат витаминами А, В1, В2, В3 и С, а также минералами: калием, магнием, кальцием, натрием, фосфором, железом, медью, цинком и марганцем [4; 5].

Прохоров В.Н. в своей статье отмечает, что «история применения масла черного тмина в народной медицине стран Азии, Африки, Средиземноморья и Ближнего Востока насчитывает более 3000 лет» [6].

Экспериментально доказано, что «порошок, экстракт и эфирное масло чёрного тмина, а также выделенный из него тимохинон оказывают антиоксидантное и нейропротективное действие и улучшают когнитивные и двигательные функции животных, уменьшают степень повреждения мозга в экспериментальных моделях ишемического инсульта и эпилептического статуса ...» [7].

Согласно исследованиям Феськовой Е.Н., в перечень фармацевтических свойств, полезных для здоровья человека, можно включить следующие свойства: иммуностимулирующие, антигистаминные, антидиабетические, антигипертензивные, противовоспалительные [8].

Исходя из исследований А.Л. Исакова, в результате изучения жирных кислот в семенах разных сортов нигеллы посевной отмечены содержание линолевой кислоты у сорта Знахарка – 57,15%, у сорта НП13/2 – 60,16%, олеиновой кислоты у сорта НП14/8 – 14,76%, у сорта

НП13/3 – 16,74%, Пальмитиновой кислоты у сорта НП13/2 – 11,33%, у сорта НП13/3 – 12,00%, Стеариновой кислоты у сорта НП13/2 – 1,71%, у сорта НП13/3 – 2,05%, линоленовой кислоты у сорта НП13/3 – 0,29%, у сорта НП13/2 – 0,47 % [9]. Основные жирные кислоты в масле черного тмина линолевая – 57,71%, олеиновая – 24,46% [10].

В ходе исследования в масле были обнаружены линолевая кислота в количестве 50–60% и олеиновая кислота до 24% [11]. На долю линолевой и олеиновой кислот приходится 77,0–80,0% от суммы жирных кислот у нигеллы дамасской и 80–81,2 у нигеллы посевной [12]. Содержание в образцах семян нигеллы посевной из Саудовской Аравии и Эфиопии пальмитиновой, олеиновой и линолевой кислот составляло от 11,4% (Саудовская Аравия) до 13,0% (Эфиопия), от 22,4% (Эфиопия) до 23,3% (Саудовская Аравия) и от 56,2% (Эфиопия) до 56,8% (Турция) соответственно [2]. Линолевая кислота – 61,25% и олеиновая кислота – 17,63% [13].

В нашем исследовании было выявлено, что содержание в масле основной жирной кислоты выше, чем сообщалось другими исследователями. Этот результат можно объяснить разными генотипами и условиями окружающей среды. В составе жирных кислот были обнаружены линолевая кислота 38,48–41,69%, олеиновая кислота 3,26–17,08%, пальмитиновая кислота 8,6–9,77% и стеариновая кислота 2,07–2,85% [15].

Целью исследования является определение содержания масла и жирных кислот в семенах нигеллы посевной.

Материалы, методы и объекты исследований. Эксперимент проводился в пленочных теплицах на опытном поле Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в 2022 г. Площадь опытной делянки составляла 1 м², содержащей 5 рядов растений черного тмина; с междурядьями 0,20 м, расстояние между растениями 15 см. Делянки находились друг от друга на расстоянии 0,5 м, растения выращивались в фиксированной густоте (35 растений на м²), в трехкратной повторности.

Объекты исследования: 5 сортов нигеллы посевной: Местная Сирия, Шаразор, Каладес, Чваркурна и Шармн, полученные из Центра сельскохозяйственных исследований в Эрбиле (Ирак); сорта, собранные в разных регионах Иракского Курдистана.

Для определения процентного содержания масла в семенах образцы (5 г) каждого сорта черного тмина были экстрагированы с помощью метода экстракции растворителем по Сокслету. Жир был определен на основе метода (Ассоциация официальных химиков – аналитиков), основанного на этерификации жиров: его взаимодействием с метанольным гидроксидом калия, приготовленным раствором 11,2 г гидроксида калия и растворением его в 100 мл метанола, затем взятием 1 г жира и добавлением к нему 8 мл метанольного гидроксида калия с 5 мл гексана. Данную эссенцию быстро встряхивали в течение 30 секунд, затем оставили для разделения на два слоя, взятых из верхнего слоя (гексанового слоя), содержащего этерифицированный жир, и ввели в устройство GC-2010 (колонны). Соединения жирных кислот, насыщенных (пальмитиновой и стеариновой) и ненасыщенных (олеиновой, линолевой и линоленовой), анализировали с помощью устройства газовой хроматографии (GC-2010, модель Shimadzu японского производства), в которой использовался детектор ионизированного пламени (FID), и использовалась колонна капиллярного разделения (SE-30) длиной 30 м × 0,25 мм [15].

Статистический анализ: все данные были проанализированы с использованием процедур общих линейных моделей системы статистического анализа (SAS) [16], и был

проведен тест (LSD) (наименьшая значимая разница – НСР), чтобы найти различия среди сортов черного тмина при $p = 0,01$.

Результаты исследований. Более высокое содержание масел было отмечено у сорта Шаразор – 43,25%, ниже у сорта Каладес – 40,33%, у сорта Чванкурна – 39,72%, у сорта Шарми – 38,45% и у сорта Местная Сирия – 37,66%.

Содержание пальмитиновой кислоты колебалось от 15,25% у сорта Шарми до 16,91% у сорта Каладес, промежуточное положение занимали сорта Местная Сирия – 16,40%, Шаразор – 15,55% и Чваркурна – 16,55%.

По содержанию стеариновой кислоты выделился сорт Каладес 0,91%, у сорта Чваркурна было 0,81%, у сорта Местная Сирия – 0,76%, у сорта Шаразор – 0,69%, у сорта Шарми – 0,63%.

Высокое содержание олеиновой кислоты – у сорта Каладес 14,10%, самое низкое – у сорта Шарми – 12,05%, у сорта Чваркурна – 13,75%, у сорта Местная Сирия – 13,30%, у сорта Шаразор – 12,75%.

В семенах нигеллы посевной преобладала линолевая кислота. Её содержание колебалось от 64,50% у сорта Каладес до 60,75% у сорта Шарми, у сорта Местная Сирия – 63,65%, у сорта Чваркурна – 63,55%, у сорта Шаразор – 61,45%.

Содержание ленолеиновой кислоты у сорта Каладес было наивысшим – 1,85%, у сорта Чваркурна – 1,59%, у сорта Местная Сирия – 1,23%, у сорта Шаразор – 0,93% и у сорта Шарми – 0,88% (таблица).

Таблица. Содержание масел и жирных кислот в семенах сортов нигеллы посевной
 Table. The content of oils and fatty acids in the seeds of varieties of *Nigella sativa*

Сорт	Показатели					
	Масла %	Кислоты				
		Пальмитиновая %	Стеариновая %	Олеиновая %	Линолевая %	Линолеиновая %
Местная Сирия	37,66	16,40	0,76	13,30	63,65	1,23
Шаразор	42,25	15,55	0,69	12,75	61,45	0,98
Каладес	40,33	16,91	0,91	14,10	64,50	1,85
Чваркурна	39,72	16,55	0,81	13,75	63,55	1,59
Шарми	38,45	15,25	0,63	12,05	60,75	0,88
НСР 01	2,512	0,991	0,152	1,150	2,258	0,579

Вывод. На основании проведенных исследований было выявлено:

1. Наиболее высокое содержание масел было в семенах сорта Шаразор.
2. По содержанию кислот (пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой и ленолеиновой) выделился сорт Каладес.

Исходя из полученных данных, в Ленинградской области сорт Шаразор нигеллы посевной показал свое превосходство над остальными сортами, поэтому рекомендуем его использовать как перспективный исходный материал в селекции на масличность.

Список источников литературы

1. Giridhar, K. Influence of sowing window and plant density on growth, phenology, yield and quality

- of *Nigella sativa* L. in coastal humid tropic / K. Giridhar, G. S. Reddy, S. S. Kumari, A. L. Kumari, A. Sivasankar // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* – 2017. – № 6(9). – pp. 499–512. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.060>.
2. Al Juhaimi, F. Fatty acids, tocopherols, minerals contents of *Nigella sativa* and *Trigonella foenum-graecum* seed and seed oils / F. Al Juhaimi, B. Matthaus, E. F. El Babikera, M. M. Ozcan // *Italiana delle Sostanze Grasse.* – 2016. – № 93(3). – pp. 165–171.
 3. Kabir, Y. Nutritional composition of the indigenous cultivar of black cumin seeds from Bangladesh / Y. Kabir, H. Shirakawa, M. Komai // *Prog. Nutr.* – 2019. – № 21. – pp. 428–434.
 4. Islam, M.T. Nigellalogy: a review on *Nigella sativa* / M. T. Islam, B. Guha, S. Hosen, T. A. Riaz, S. Shahadat, L. D. R. Sousa, A. L. Braga // *MOJ Bioequiv Availab.* – 2017. – № 3(6). – pp. 00056. DOI: [10.15406/mojbb.2017.03.00056](https://doi.org/10.15406/mojbb.2017.03.00056).
 5. Исакова, А.Л. Содержание витаминов и минеральных веществ в семенах разных видов нигеллы / А. Л. Исакова, А. В. Исаков, В. Н. Прохоров // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2018. – № 2. – С. 85–87.
 6. Прохоров, В.Н. Нигелла—ценная хозяйственно – полезная культура (обзор литературы // *Овощи России.* – 2021. – № 4. – С.111–123.
 7. Беккер, Р.А. Пряные и ароматические растения в психиатрии и неврологии: научный обзор. Часть I / Р. А. Беккер, Ю. В. Быков // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture.* – 2018. – № 2(10). – С. 40 –73.
 8. Феськова, Е.В. Определение компонентного состава семян чернушки посевой (*Nigella sativa*) / Е. В. Феськова, И. О. Степановна, Т. И. Николаевна, С. И. Михайловна, С. Д. Сергеевна // *Химические технологии, биотехнология, геоэкология.* Минск, – 2018. – № 2 (211). – С. 167–170.
 9. Исакова, А.Л. Биохимический Состав Семян *Nigella sativa* L., Выращенных в условиях Беларуси / А. Л. Исакова и др. // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук.* – 2019. – № 64(4). – С. 440–447. doi.org/10.29235/1029-8940-2019-64-4-440-447.
 10. Albakry, Z. Nutritional composition and volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed, fatty acid composition and tocopherols, polyphenols, and antioxidant activity of its essential oil / Z. Albakry, E. Karrar, I. A. M. Ahmed, E. Oz. C. Proestos, A. F. El Sheikha, X. Wang // *Horticulturae.* – 2022. – № 8(7). – pp. 575. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070575>.
 11. Beyzi, E. Effects of Sowing Times and Boron Applications on Agronomic and Quality Properties of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) / E. Beyzi, S. Karer // *Journal of the Institute of Science and Technology.* – 2020. – № 10(3). – pp. 2227–2234. DOI: [10.21597/jist.718441](https://doi.org/10.21597/jist.718441).
 12. Исакова, А.Л. Оценка исходного материала нигеллы (*Nigella* L.) и его использование в селекции: автореф. канд. с-х.наук. – РБ; Горки, 2020. – С. 21.
 13. Thilakarathne, R.C.N. Determination of composition of fatty acid profile of Ethiopian and Indian black cumin oil (*Nigella sativa*) / R. C. N. Thilakarathne, G. D. M. P. Madushanka, S. B. Navaratne // *International Journal of Food Science and Nutrition,* 2018, №3 (3), pp. 01–03.
 14. Camlıca, M. Effect of cultural condition on seed growth and content of essential oil of two populations and one cultivar of genus *Nigella* / M. Camlıca, G. Yıldız // *Annals Of Phytomedicine – An International Journal.* – 2019. – № 8(1). – pp. 56–62. DOI: [http://dx.doi.org/10.21276/ap.2019.8.1.6](https://dx.doi.org/10.21276/ap.2019.8.1.6).
 15. Mateeva, A. Simultaneous analysis of water – soluble and fat – soluble vitamins through RP – HPLC/DAD in food supplements and brewer’s yeast / A Mateeva, M. Kondeva – Burdina, L. Peikova, S. Guncheva, A. Zlatkov, M. Georgieva // *Heliyon.* – 2023. – № 9(1), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12706>.
 16. SAS Statistical Analysis Systems SAS/STAT user’s guide Version 9.1 Cary NC // SAS Institute Inc. USA. – 2007.

References

1. Giridhar, K., Reddy, G.S., Kumari, S.S., Kumari, A.L., and Sivasankar, A. (2017), Influence of sowing window and plant density on growth, phenology, yield and quality of *Nigella sativa* L. in coastal humid tropic. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, vol. 6, no. 9, pp. 499–512. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.060>.

2. Al Juhaimi, F., Matthaus, B., El Babikera, E.F., and Ozcan, M.M. (2016), Fatty acids, tocopherols, minerals contents of *Nigella sativa* and *Trigonella foenumgraecum* seed and seed oils. // *Italiana delle Sostanze Grasse*, vol. 93, no. 3, pp. 165–171.
3. Kabir, Y., Shirakawa, H., and Komai, M. (2019), Nutritional composition of the indigenous cultivar of black cumin seeds from Bangladesh. *Prog. Nutr.*, no. 21, pp. 428–434.
4. Islam, M.T., Guha, B., Hosen, S., Riaz, T.A., Shahadat, S., Sousa, L.D.R., and Braga, A.L. (2017), Nigellalogy: a review on *Nigella sativa*. *MOJ Bioequiv Availab*, vol. 3, no. 6, pp. 00056. DOI: 10.15406/mojbb.2017.03.00056.
5. Isakova, A.L., Isakov, A.V., and Prokhorov V.N. (2018), The content of vitamins and minerals in the seeds of different types of nigella. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, no. 2, pp. 85–87. (In Russ.).
6. Prokhorov, V.N. (2021), Nigella is a valuable economically useful crop (literature review // *Vegetables of Russia*), no. 4. pp.111–123. (In Russ.).
7. Becker, R.A., and Bykov Y.V. (2018), Spicy and aromatic plants in psychiatry and neurology: a scientific review, Part I. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, vol. 2, no. 10, pp. 40–73. (In Russ.).
8. Feskova, E.V., Feskova, E.V., Stepanovna, I.O., Nikolaevna, T.I., Mikhailovna, S.I., and Sergeevna, S.D. (2018), Determination of the component composition of the seeds of *Nigella sativa*. *Chemical technologies, biotechnology, geoecology*, vol. 2, no. 211, pp. 167 – 170. (In Russ.).
9. Isakova, A.L., Isakov, A.V., Kovalenko, N.A., Feskova, E.V., Supichenko, G.N., and Sachivko, T.V. (2019), Biochemical composition of *Nigella sativa* L. seeds grown in Belarus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological Sciences Series*, vol. 64, no. 4, pp. 440–447. (In Russ.).
10. Albakry, Z., Karrar, E., Ahmed, I.A.M., Oz, E., Proestos, C., El Sheikha, A.F., and Wang, X. (2022), Nutritional composition and volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed, fatty acid composition and tocopherols, polyphenols, and antioxidant activity of its essential oil. *Horticulturae*, vol. 8, no.7, pp. 575. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070575>.
11. Beyzi, E., and Karer, S. (2020), Effects of Sowing Times and Boron Applications on Agronomic and Quality Properties of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of the Institute of Science and Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 2227–2234. DOI:10.21597/jist.718441. (In Russ.).
12. Isakova, A.L. (2020), Evaluation of the source material of Nigella (*Nigella* L.) and its use in breeding. Abstract of Candidate of Agricultural Sciences. Gorki, pp. 21. (In Russ.).
13. Thilakarathne, R.C.N., Madushanka, G.D.M.P., and Navaratne, S.B. (2018), Determination of composition of fatty acid profile of Ethiopian and Indian black cumin oil (*Nigella sativa*). *international Journal of Food Science and Nutrition*, vol. 3, no. 3, pp. 01–03.
14. Camlıca, M., and Yaldız, G. (2019), Effect of cultural condition on seed growth and content of essential oil of two populations and one cultivar of genus *Nigella*. *Annals Of Phytomedicine – An International Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 56–62. <http://dx.doi.org/10.21276/ap.2019.8.1.6>.
15. Mateeva, A., Kondeva – Burdina, M., Peikova, L., Guncheva, S., Zlatkov, A., and Georgieva, M. (2023), Simultaneous analysis of water-soluble and fat-soluble vitamins through RP-HPLC/DAD in food supplements and brewer’s yeast. *Heliyon*, vol. 9, no.1. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12706>.
16. SAS (2007), Statistical Analysis Systems SAS/STAT user’s guide Version 9.1 Cary NC: SAS Institute Inc. USA.

Сведения об авторах

Осипова Галина Степановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Салих Раад Хуссейн Салих – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Osipova Galina Stepanovna – Doctor of Agricultural Sciences, Professor Federal State Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State Agrarian University".

Salih Raad Hussein Salih – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 29.03.2023; одобрена после рецензирования 27.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 29.03.2023; approved after reviewing 27.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 635.21:632.76

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-38-46

**КОМБИНИРОВАННЫЙ ИНСЕКТИЦИД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ
ОТ ХЛЕБНЫХ ЖУКОВ**

**Моханад Бахр Авад Исави¹, Вячеслав Александрович Хилевский^{2,3},
Татьяна Васильевна Долженко^{1,3}**

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; mohanad_bahar@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-5433-4482>

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; 89281485089@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2834-3465>

³Инновационный центр защиты растений, ул. Пушкинская, д. 20, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; dolzhenkotv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4139-2664>

Реферат. Зерновые культуры в России играют важную роль в устойчивости экономики и являются гарантией продовольственной безопасности. Значительный вред зерновым культурам наносят фитофаги, в том числе хлебные жуки. Растущая необходимость совершенствования системы защиты пшеницы озимой от вредителей определила цель наших исследований: оценить биологическую эффективность нового комбинированного инсектицида на основе неоникотиноидов – ацетамиприда, клотианидина и пиретроида лямбда-цигалотрина против трех видов хлебных жуков: *Anisoplia austriaca* Hrbst., *Anisoplia agricola* Poda. и *Anisoplia segetum* Hrbst. Основными требованиями, предъявляемыми к химическим средствам защиты растений (ХСЗР), являются: высокая биологическая эффективность, низкие нормы применения, безопасность для защищаемых растений и окружающей среды и наличие высокоточных методов контроля остаточных количеств действующих веществ пестицидов и их метаболитов. Отличительной особенностью изученных инсектицидов является низкая норма применения, что соответствует одному из важных критериев оценки уровня экологической безопасности пестицидов. Исследования были проведены в Сальском районе Ростовской области в 2020-2021 гг. В первом сезоне учеты вредителей и обработки инсектицидами в двух нормах применения (0,1 л/га и 0,2 л/га) проводили на пшенице озимой сорта Гром: оценка биологической эффективности инсектицида показала, что препарат снижал численность имаго хлебных жуков на 95% в

течение 14 суток и действовал на уровне эталонного инсектицида Эсперо, концентрат суспензии (КС) (200 + 120 г/л). Во втором сезоне исследования проводили на пшенице озимой сорта Сварог: препарат в тех же двух нормах применения снижал численность хлебных жуков от 82% до 92% в течение 14 суток и также действовал на уровне эталона.

Ключевые слова: жук-кузька, жук-крестоносец, жук-красун, инсектицид, биологическая эффективность, пшеница озимая

Цитирование. Исави М.Б.А., Хилевский В.А., Долженко Т.В. Комбинированный инсектицид для защиты пшеницы озимой от хлебных жуков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 38-46. – doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-38-46

COMBINED INSECTICIDE TO PROTECT WINTER WHEAT AGAINST BREAD BEETLES

Mohanad B. A. Isawi¹, Vyazheslav A. Khilevsky^{2,3}, Tatyana V. Dolzhenko^{1,3}

¹St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe highway, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; mohanad_bahar@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0002-5433-4482>

²All-Russian Research Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, Pushkin, St. Petersburg, 196608, Russia; e-mail: 89281485089@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2834-3465>

³Innovative Plant Protection Center, Pushkinskaya St., 20, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; dolzhenkotv@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4139-2664>

Abstract. Cereal crops in Russia play an important role in the sustainability of the economy and are a guarantee of food security. Significant damage to grain crops is caused by phytophagous, including bread beetles. The increasing requirement in to improve the system for protecting winter wheat from pests determined the aim of our research: to evaluate the biological effectiveness of a new combined insecticide based on neonicotinoids - acetamiprid, clothianidin, and lambda-cyhalothrin pyrethroid against three types of bread beetles: *Anisoplia austriaca* Hrbst., *Anisoplia agricola* Poda. and *Anisoplia segetum* Hrbst. The main requirements for chemical plant protection products are: high biological efficiency, low application rates, safety for protected plants and the environment, and the availability of high-precision methods for monitoring residual amounts of active ingredients of pesticides and their metabolic. A distinctive feature of the studied insecticides is the low application rate, which corresponds to one of the essential criteria for assessing the level of environmental safety of pesticides. The studies were carried out in the Salsky district of the Rostov region in 2020-2021. In the first season, pest counts and insecticide treatments at two application rates (0.1 l/ha and 0.2 l/ha) were carried out on winter wheat of the Grom variety: an assessment of the biological effectiveness of the insecticide showed that the preparation reduced the number of adult grain beetles by 95% for 14 days and acted at the level of the standard insecticide Espero, suspension concentrate (SC) (200 + 120 g/l). In the second season, studies were carried out on winter wheat varieties Svarog: the preparation in the same two application rates reduced the number of grain beetles from 82% to 92% within 14 days and also acted at the level of the standard.

Keywords: beetle-kuzka, beetle-crusader, beetle-krasun, insecticide, biological effectiveness, winter wheat

Citation. Mohanad B.A. Isawi, Vyazheslav A. Khilevsky and Tatiana V. Dolzhenko, (2023), “Combined insecticide to protect winter wheat against bread beetles”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2 , pp. 38–46 (In Russ.) doi 10.24412/2078-1318-2023-2-38-46

Введение. Сегодня насчитывается более 50 тыс. различных возбудителей болезней растений, 8 тыс. видов сорных растений и 9 тыс. видов вредных насекомых, из-за которых недобор урожая в зерновом эквиваленте составляет более 30 млн т ежегодно, что соответствует 180 млрд рублей [1]. Известно, что защитные мероприятия (в том числе и химические) – неотъемлемая составляющая технологии возделывания зерновых культур. В современной защите растений существенная роль отводится химическому методу. Основными требованиями, предъявляемыми к ассортименту химических средств защиты растений (ХСЗР), остаются высокая биологическая эффективность, низкие нормы применения, безопасность для защищаемых растений и окружающей среды и наличие высокоточных методов контроля остаточных количеств действующих веществ пестицидов и их метаболитов. Также важную роль играет и чередование препаратов в процессе использования для предотвращения развития резистентности. Таким образом, необходимо постоянно изучать препараты, устанавливать их биологическую эффективность и безопасность [2, 3].

Одними из опасных вредителей зерновых колосовых культур можно назвать хлебных жуков – представителей отряда жесткокрылые (Coleoptera). Наиболее распространены 3 вида рода *Anisoplia*: жук-кузька (*Anisoplia austriaca* Hrbst.), жук-крестоносец (*Anisoplia agricola* Poda.) и жук-красун (*Anisoplia segetum* Hrbst.) [4].

Характер повреждений взрослыми насекомыми разных видов неодинаков. Жук-кузька повреждает зерно от завязи до конца восковой спелости, на яровых культурах питается даже пыльниками, но предпочитает зерно в фазе молочной спелости. Пыльники и завязь выедает полностью, зерна в конце их формирования объедает в разной степени, иногда остаются только оболочки. Зерна в восковой спелости вредитель только надгрызает. В фазе полной спелости основной вред наносится из-за «выбивания» зерен из колосовых чешуй и их осыпания на землю. Жук-красун питается в основном пыльниками и лишь в конце лета – зерном. Отдельные зерна эти жуки выедают наполовину. Жук-крестоносец на посевах пшеницы предпочитает зерно, реже – пыльники. Завязь обычно съедает полностью. Зерно во время формирования и в фазе молочной спелости выедает в разной степени [5].

Использование инсектицидов является сегодня основным методом борьбы с этими вредными видами [6].

Цель исследований – биологическое обоснование использования современного комбинированного инсектицида, содержащего 115 г/л ацетамиприда + 106 г/л лямбда-цигалотрина + 70 г/л клотианидина, для борьбы с хлебными жуками.

Материалы, методы и объекты исследований. Полевые исследования проводили в 2020-2021 гг. в Сальском районе Ростовской области на пшенице озимой сорта Гром (2020 г.) и сорта Сварог (2021 г.). Фаза развития пшеницы озимой в момент обработок препаратами – выход в трубку (Zad. 39).

В 2020 г. хлебные жуки были представлены: *Anisoplia austriaca* Hrbst. – 80%, *Anisoplia agricola* Poda. – 10% и *Anisoplia segetum* Hrbst. – 10%, в 2021 г. – 90%, 5% и 5% соответственно.

Однократную обработку инсектицидом проводили против имаго. Размер опытных

делянок – 50 м², рендомизация по методу блоков, количество повторностей – 4.

Учеты вредителей и расчет биологической эффективности инсектицидов осуществляли в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве [7].

Уборка урожая проводилась вручную, 4 пробы размером 1 м² в каждой повторности опыта (с пересчетом на 1 га), с последующим обмолотом (рис. 1).

Инсектицид в виде суспензионной эмульсии (СЭ) представлял комбинацию 115 г/л ацетамиприда + 106 г/л лямбда-цигалотрина + 70 г/л клотианидина. Действующие вещества инсектицида, ацетамиприд и клотианидин, относятся к неоникотиноидам, механизм действия которых выражается в подавлении у насекомых активности ацетилхолинэстеразы, а также в блокировании никотинацетилхолиновых рецепторов постсинаптической мембраны и пролонгировании открытия натриевых каналов. У насекомых при этом блокируется передача нервных импульсов, и они погибают от нервного перевозбуждения [8].



Рисунок 1. Уборка урожая пшеницы озимой на опытной делянке (Ростовская обл., 2021 г.)

Figure 1. Harvesting in the Rostov region (2021)

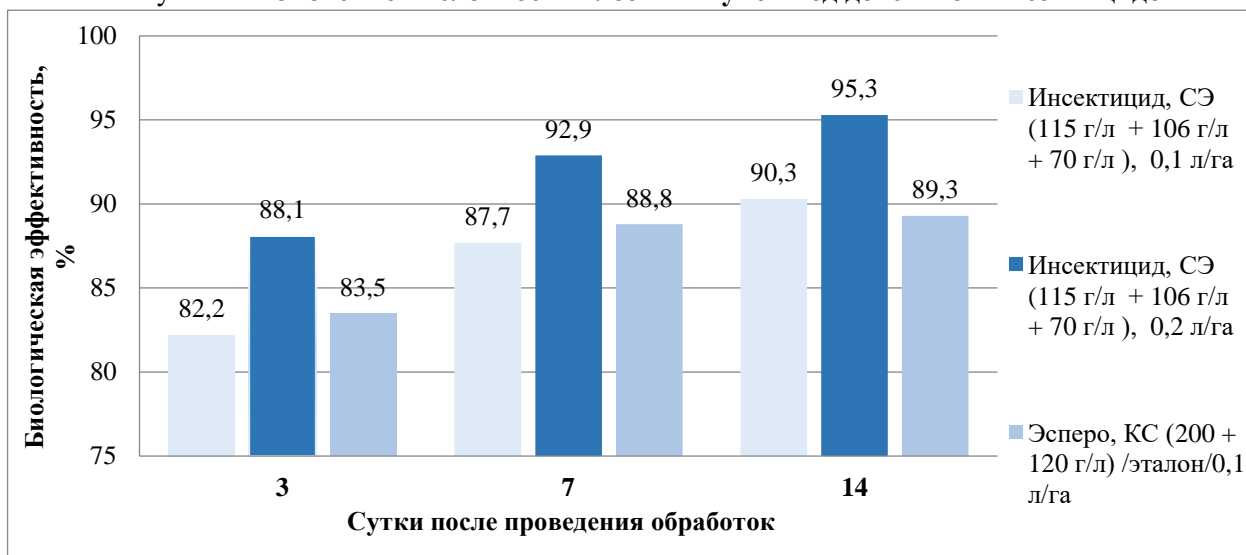
Лямбда-цигалотрин относится к пиретроидам. Это группа инсектицидов, которые являются синтетическими аналогами природных пиретринов, сходные с ними по характеру и механизму физиологического действия, но иногда существенно различающиеся по химическому строению. Пиретроиды почти не проникают в растения, не проявляют фитотоксичного действия. Синтетические пиретроиды метаболизируются в окружающей среде в результате фотохимического, гидролитического и микробиологического разложения с образованием нетоксичных продуктов [9, 10].

Схема опыта: изучаемый инсектицид, СЭ (115 г/л ацетамиприда + 106 г/л лямбда-цигалотрина + 70 г/л клотианидина) в нормах применения 0,1 л/га и 0,2 л/га; эталонный препарат Эсперо, концентрат суспензии (КС) (200 + 120 г/л) в норме 0,1 л/га; контроль без обработки.

Результаты исследований. В первом и втором сезонах развитие пшеницы озимой происходило при умеренных погодных условиях. На опытном участке было отмечено равномерное появление всходов (осень) и дальнейшее развитие культуры (весна). Заселение посевов пшеницы озимой хлебными жуками наблюдалось во второй декаде июня. Основная масса вредителей находилась на краевых полосах. Жуки активно питались днем, в теплую

солнечную погоду при температуре выше 20 °С, выгрызая зерна или выедавая в них бороздки и неширокие углубления. При этом часть зерен находилась на почве (были выбиты жуками). Опрыскивание посевов в 2020 г. было проведено, когда численность хлебных жуков в среднем по вариантам опыта составляла 8–9 имаго на м² (при экономическом пороге вредоносности (ЭПВ) 3–5 имаго на м²) (рис. 2). В период проведения учетов на 3, 7 и 14 сутки после обработки численность хлебных жуков в контроле достигла 9,8–10,8 имаго на м², тогда как на делянках с изучаемым инсектицидом наблюдалось колебание численности вредителя от 1,8 до 0,5 имаго на м², аналогично варианту с применением эталона Эсперо, КС (1,5–1,0 имаго на м²). Биологическая эффективность изучаемого препарата составила от 82,2% (0,1 л/га) до 95,3% (0,2 л/га), что было на уровне и выше показателей эталона: 83,5–89,3% (рис. 3). Проведенный анализ урожая пшеницы озимой показал, что полученные данные в целом согласуются с результатами оценки биологической эффективности: биологический урожай в опыте составил 26,2–26,4 ц/га, в контроле – 24,6 ц/га, НСР₀₅ = 0,61.

Рисунок 2. Изменение численности хлебных жуков под действием инсектицидов



(Ростовская обл., 2020 г.)

Figure 2. The change in the number of grain beetles under the action of insecticides (Rostov region, 2020)

Опрыскивание посевов в 2021 г. было проведено, когда численность хлебных жуков в среднем по вариантам опыта составляла 7,5–8,0 имаго на м² (ЭПВ 3–5 имаго на м²) (рис. 4). В период проведения учетов на 3 и 7 сутки после обработки численность хлебных жуков в контроле достигла 9,5–12,0 имаго на м², тогда как на делянках с изучаемым инсектицидом наблюдалось колебание численности вредителя от 1,8 до 1,0 имаго на м², аналогично варианту с применением эталона Эсперо, КС (1,5 и 1,3 имаго на м²). Биологическая эффективность изучаемого препарата в двух нормах применения (0,1 и 0,2 л/га) составила 81,6–92,1%, что было на уровне показателей эталона: 84,8% и 89,4% (рис. 5).

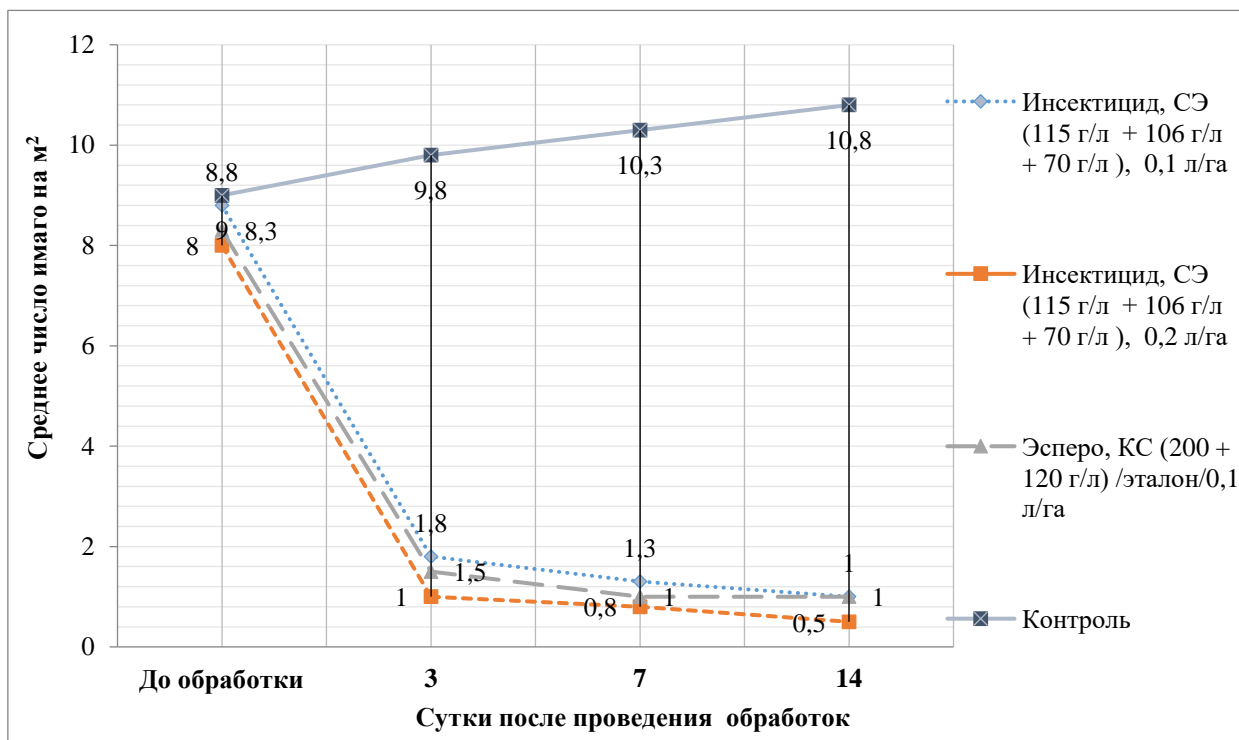


Рисунок 3. Биологическая эффективность применения комбинированного инсектицида (115 г/л ацетамиприда + 106 г/л лямбда-цигалотрина + 70 г/л клотианидина) для защиты пшеницы озимой (Ростовская область, 2020 г.)

Figure 3. Biological effectiveness of using a combined insecticide (115 g/l acetamiprid + 106 g/l lambda-cyhalothrin + 70 g/l clothianidin) to protect winter wheat (Rostov region, 2020)

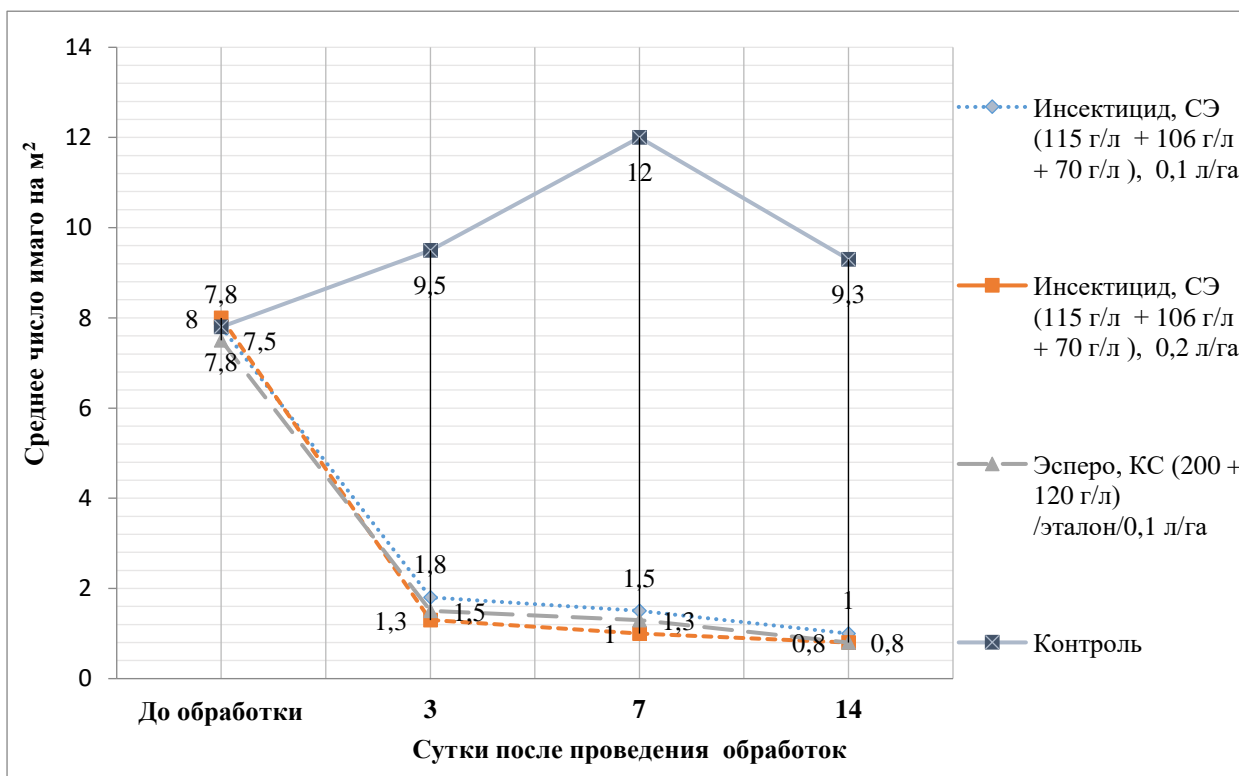


Рисунок 4. Изменение численности хлебных жуков под действием инсектицидов (Ростовская обл., 2021 г.)

Figure 4. The change in the number of grain beetles under the action of insecticides (Rostov region, 2021)

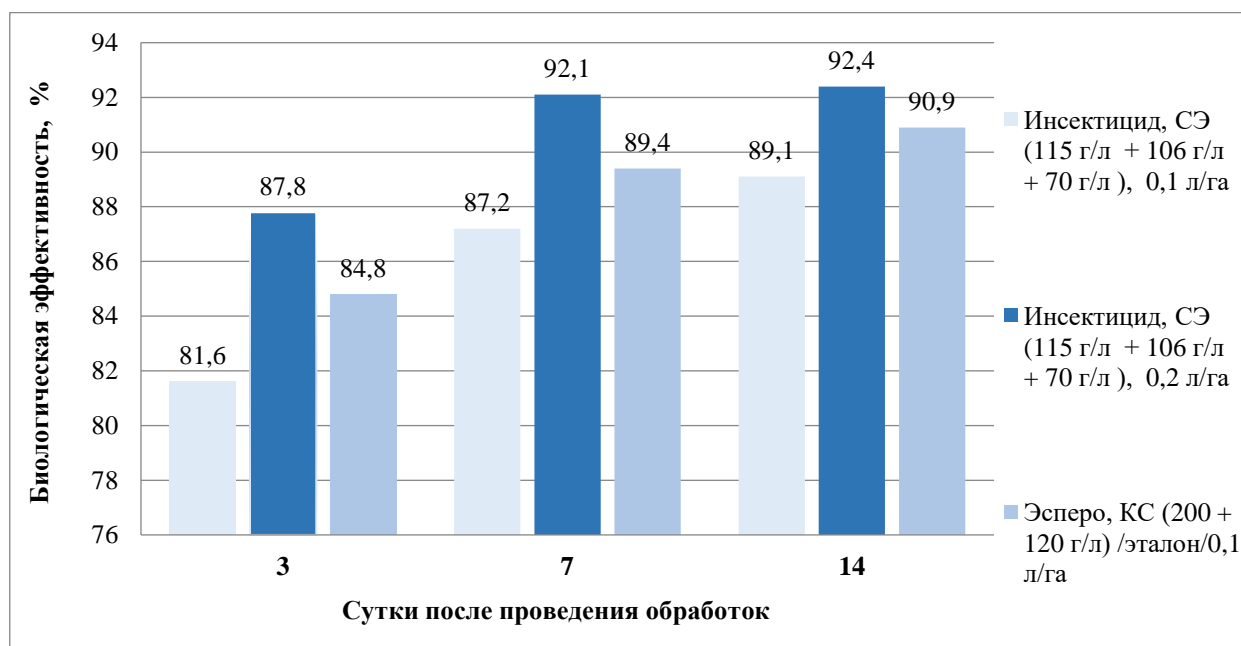


Рисунок 5. Биологическая эффективность применения комбинированного инсектицида (115 г/л ацетамиприда + 106 г/л лямбда-цигалотрина + 70 г/л клотианидина) для защиты пшеницы озимой (Ростовская область, 2021 г.)

Figure 5. Biological effectiveness of using a combined insecticide (115 g/l acetamiprid + 106 g/l lambda -cyhalothrin + 70 g/l clothianidin) to protect winter wheat (Rostov region, 2021)

На 14 сутки учета во всех вариантах опыта с инсектицидами было отмечено снижение средней численности вредителя, в том числе и в контроле. В вариантах с изучаемым инсектицидом среднее число хлебных жуков составило 1,0 и 0,8 имаго на м², что было на уровне эталона Эсперо, КС (0,8 имаго на м²). Биологическая эффективность изучаемого препарата достигла 89,1% и 92,4%, аналогично показателю эталона (90,9%). Проведенный анализ урожая пшеницы озимой показал, что полученные данные также в целом согласуются с результатами оценки биологической эффективности: биологический урожай в опыте составил 39,2-39,4 ц/га, в контроле – 35,4 ц/га, НСР₀₅ = 1,03.

Вывод. Было доказано, что изученный нами новый комбинированный инсектицид, содержащий 115 г/л ацетамиприда, 106 г/л лямбда-цигалотрина и 70 г/л клотианидина в нормах применения 0,1 л/га и 0,2 л/га, может эффективно защищать пшеницу озимую от опасных фитофагов – хлебных жуков.

Список источников литературы

1. Shorokhov, M.N., Dolzhenko, V.I. Phytosanitary Means of Pest Control in Grain Crops // *Russian Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 44. – № 5. – pp. 445–448.
2. Долженко, В.И., Лаптиев, А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // *Плодородие*. – 2021. – № 3(120). – С. 71–75.
3. Kashyap, P.L., Gupta V., Gupta O.P., Sendhil R., Gopalareddy K., Jasrotia P. & Singh G.P. New horizons in wheat and barley research: crop protection and resource management // *Springer*. – 2022. – P. 637. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-4134-3>
4. Комаров, Д.А. К изучению вредителей зерновых культур Волгоградской области // *Орошаемое земледелие*. – 2022. – № 2(37). – С. 37–43.
5. Шорохов, М.Н., Долженко В.И. Эффективность современных инсектицидов в борьбе с хлебными жуками на пшенице // *Вестник ОрёлГАУ*. – 2017. – № 2 (65). – С. 15–19.
6. Mendigalieva, A.S., Torybayev, K.Kh., Arystangulov S.S. Nocuity of the *Ansilopia austriaca* in seed wheat sows and measures to fight with them in conditions of western Kazakhstan // *Ecology, Environment and Conservation (Scopus – India)*. – 2018. – №24(4). – pp. 1978–1983.
7. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – 321 с.
8. Radrigán, N.C. Efectos subletales de insecticidas sobre enemigos naturales del chanchito blanco de la vid // *Universidad de Talca*. – 2021. – P. 92.
9. Shower, R., El-Leithy E. S., Abdel-Rashid, R.S., Eltaweil, A.S., Baeshen, R.S., Mori, N. Preparation of Lambda – Cyhalothrin-Loaded Chitosan Nanoparticles and Their Bioactivity against *Drosophila suzukii* // *Nanomaterials*. – 2022. – P. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano1218311>.
10. The Pesticide Manual. – BCPC. – 2021. – 1400 pp.

References

1. Shorokhov, M.N., Dolzhenko, V.I. (2018), "Phytosanitary means of pest control in grain crops", *Russian Agricultural Sciences*, vol. 44 (5), pp. 445–448.
2. Dolzhenko, V.I., Laptiev, A.B. (2021), "The Modern Range of Crop Protection Products: Biological Efficacy and Safety", *Fertility*, 3 (120), pp. 71–75. (in Russ.).
3. Kashyap, P.L., Gupta, V., Gupta, O.P., Sendhil, R., Gopalareddy, K., Jasrotia, P., & Singh, G.P. (2022), "New horizons in wheat and barley research: crop protection and resource management", *Springer*, 637. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-4134-3>.
4. Komarov, D.A. (2022), "Study of pests of grain crops in the Volgograd region", *Irrigated agriculture*, 2(37), pp. 37–43. (in Russ.).
5. Shorokhov, M.N., Dolzhenko, V.I. (2017), "The effectiveness of modern insecticides in the control of bread beetles on wheat", *Vestnik OrelGAU*, 2 (65), pp. 15–19. (in Russ.).
6. Mendigalieva, A.S., Torybayev, K.Kh., Arystangulov, S.S. (2018), "Nocuity of the *Ansilopia austriaca* in seed wheat sows and measures to fight with them in conditions of western Kazakhstan", *Ecology, Environment and Conservation (Scopus – India)*, 24(4). – pp. 1978–1983.
7. Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, molluscocides and rodenticides in agriculture (2009), St. Petersburg, 321 pp.
8. Radrigán, N.C. (2021), "Efectos subletales de insecticidas sobre enemigos naturales del chanchito blanco de la vid", *Universidad de Talca*, 92 pp.
9. Shower, R., El-Leithy, E.S., Abdel-Rashid, R.S., Eltaweil, A.S., Baeshen, R.S., Mori, N. (2022), "Preparation of Lambda – Cyhalothrin-Loaded Chitosan Nanoparticles and Their Bioactivity against *Drosophila suzukii*", *Nanomaterials*, P. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano12183111>.
10. The Pesticide Manual (2021), BCPC, 1400 pp.

Сведения об авторах

Исави Моханад Бахр Авад – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Хилевский Вячеслав Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Общество с ограниченной ответственностью «Инновационный центр защиты растений», spin-код: 6300-0077.

Долженко Татьяна Васильевна – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры защиты и карантина растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»; ведущий научный сотрудник, Общество с ограниченной ответственностью «Инновационный центр защиты растений», spin-код: 4042-7694.

Information about the authors

Isawi Mohanad B. A. – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

Vyazheslav A. Khilevsky – Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Plant Protection", limited liability company "Innovation Center for Plant Protection", Spin-Code: 6300-0077.

Tatyana V. Dolzhenko – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Protection and Quarantine of Plants, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", leading researcher, limited liability company "Innovation Center for Plant Protection", spin-code: 4042-7694.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.01.2023; одобрена после рецензирования 05.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 20.01.2023; approved after reviewing 05.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 635.21:632.76

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-47-56

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПЕСТИЦИДА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

Али Абдулла Султан Аль-Малики^{1,3}, Виктор Иванович Долженко^{2,3},
Олег Викторович Долженко²

¹Министерство сельского хозяйства, департамент защиты растений, Абу-Грейб, Багдад, Ирак, 10081; ali77.2013@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0003-1789-4218>

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Россия; vid@iczr.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4700-0377>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; agrozara86@mail.ru

Реферат. Сорные растения успешно конкурируют с пшеницей озимой за площадь произрастания, питательные вещества и влагу. Применение гербицидов в посевах озимых зерновых культур, особенно пшеницы, – обязательный элемент интегрированной системы защиты от сорных растений. Существующий ассортимент гербицидов не в полной мере отвечает требованиям времени. Целесообразно применение новых гербицидов с низким содержанием действующих веществ, низкой нормой применения и высокой биологической эффективностью против сорных растений. Цель исследований – оценка биологической и хозяйственной эффективности, а также разработка регламентов применения нового гербицида, содержащего два действующих вещества: 50 г/л флуметсулама и 36 г/л флорасулама для защиты посевов пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L.) сортов Сварог и Гром от сорных растений *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Galium aparine* L., *Thlaspi arvense* L., *Convolvulus arvensis* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love. Исследования проводили в течение двух вегетационных периодов (2020–2021 гг.) в Сальском районе Ростовской области в соответствии с методическими указаниями, утверждёнными научно-техническим советом Минсельхоза России. Нормы применения изучаемого гербицида составляли 0,1 л/га и 0,15 л/га. В 2020 году снижение засорённости однолетними и многолетними сорными растениями при использовании препарата составляло 85,2–100%. В 2021 г. эффективность была 81,1–96,2%. Биологическая эффективность нового гербицида была на уровне эффективности эталонного препарата Дерби 175, СК в соответствующих регламентах применения. Использование препарата было безопасным для защищаемой культуры.

Ключевые слова: гербициды, сорные растения, пшеница озимая, флуметсулам, флорасулам

Цитирование. Аль-Малики, А.А., Долженко, В.И., Долженко, О.В. Эффективность нового отечественного пестицида для защиты пшеницы озимой // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 47-56. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-47-56

EFFECTIVENESS OF A NEW DOMESTIC PESTICIDE TO PROTECT WINTER WHEAT

Ali A. S. AL-Maliki^{1,3}, Victor I. Dolzhenko^{2,3}, Oleg V. Dolzhenko²

¹Ministry of Agriculture, Department of Plant Protection, Abu Ghraib, Baghdad, Iraq; 10081, ali77.2013@yahoo.com; <http://orcid.org/0000-0003-1789-4218>

²All Russia Research Institute for Plant Protection, Podbelskogo highway, 3, Pushkin, Saint Petersburg, Russia, 196608; vid@icr.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4700-0377>;

³Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; agrozara86@mail.ru

Abstract: Weeds successfully compete with winter wheat for growing area, nutrients and moisture. The use of herbicides in winter crops, especially wheat, is an essential element of an integrated weed control system. The existing range of herbicides does not fully meet the requirements of the time. It is expedient to use new herbicides with a low content of active ingredients, a low rate of application and high biological efficiency against weeds. The aim of the research is to evaluate the biological and economic efficiency, as well as to develop regulations for the use of a new herbicide containing two active ingredients: 50 g/l flumetsulam and 36 g/l florasulam for the protection of winter wheat crops (*Triticum aestivum* L.) varieties Svarog and Grom from weeds *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Galium aparine* L., *Thlaspi arvense* L., *Convolvulus arvensis* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love. The studies were carried out during two growing seasons (2020-2021) in the Salsky district of the Rostov region in accordance with the guidelines approved by the Scientific and Technical Council of the Ministry of Agriculture of Russia. Application rates of the studied herbicide were 0.1 l/ha and 0.15 l/ha. In 2020, the reduction in infestation with annual and perennial weeds when using the drug was 85.2-100%. In 2021, the efficiency was 81.1-96.2%. The biological effectiveness of the new herbicide was at the level of the effectiveness of the reference drug Derby 175, SC in the relevant application regulations. The use of the drug was safe for the protected culture.

Keywords: herbicides, weeds, winter wheat, flumetsulam, florasulam

Citation. AL-Maliki, A.A.S., Dolzhenko, V. I., Dolzhenko, O.V. (2023), "Effectiveness of a new domestic pesticide to protect winter wheat", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no 2, pp. 47–56 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-47-56

Введение. Пшеница (*Triticum aestivum* L.) является наиболее широко культивируемым злаком в мире, поскольку эта культура играет жизненно важную роль в продовольственной безопасности мира. Подсчитано, что площадь возделывания пшеницы в мире составляет около 215 млн га, производство зерна – более 765 млн т при средней урожайности 3,6 т/га [1]. Существует несколько факторов, связанных с низким производством пшеницы, включая абиотические (жара, засуха, засоление и т. д.) и биотические (сорняки, насекомые, патогены и т. д., среди которых сорняки являются одной из основных проблем [2]). Сорные растения наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству как с точки зрения урожайности, так и качества. Сорняки конкурируют с пшеницей за воду, питательные вещества, свет и пространство, вызывая значительные экономические потери в урожайности и качестве пшеницы. Они не только снижают урожайность, но и ухудшают качество продукции, тем самым влияя на ее рыночную стоимость. Одной из актуальных причин низкой

урожайности зерновых культур является низкая конкурентоспособность культурных растений по сравнению с сорными.

Как правило, борьба с сорняками в сельском хозяйстве проводится на начальных стадиях роста и развития культурных растений. Традиционные агротехнические методы борьбы с сорняками, а также дорогостоящая рабочая сила сделали использование гербицидов популярным среди фермеров. Гербициды являются наиболее экономически важным инструментом борьбы с сорными растениями для повышения урожайности и качества зерна пшеницы [3]. Химический метод борьбы с сорняками на зерновых культурах, несомненно, является наиболее эффективным и распространенным [4]. Способ действия гербицидов – это биохимический или физический механизм.

Комбинируя активные ингредиенты из разных химических классов с различными механизмами действия, можно значительно повысить эффективность защиты сельскохозяйственных культур. Комбинированные гербициды обладают рядом преимуществ перед однокомпонентными гербицидами: более широкий спектр действия, меньшая эффективная норма применения, меньшая нагрузка на окружающую среду, сниженный риск накопления токсичных веществ в посевах, почве и воде.

Комбинированные гербициды, содержащие флорасулам и другие активные вещества из разных химических классов, в настоящее время все чаще используются на посевах пшеницы. Флорасулам характеризуется низким риском для теплокровных животных, нестабильностью в почве и не оказывает негативного влияния на последующие культуры севооборота. Механизм действия этого высокоэффективного системного гербицида заключается в проникновении в растения через корни и листья, воздействии на фермент ацетолактатсинтазу, который вызывает хлороз, обесцвечивание жилок и в течение 2-4 недель некроз листьев сорняков [5]. Некоторые исследователи показали, что при поздней и холодной весне, когда время прорастания сорняков растягивается, становится оправданным внесение препаратов в более поздние фазы развития культуры [6].

Еще одним действующим веществом является флуметсулам, который представляет собой новый сульфонанилидный гербицид, предназначенный для борьбы с послевсходовыми широколиственными сорняками в посевах пшеницы озимой [7]. Этот тип препарата поглощается как корнями, так и листьями растения, транспортируется к точкам роста и приводит к хлорозу и некрозу растения. Флуметсулам, как и производные сульфонилмочевины, является ингибитором ацетолактатсинтазы (ALS) биосинтеза аминокислот с разветвленной цепью [8]. Чтобы выбрать наиболее эффективные гербициды и спланировать своевременную ротацию препаратов для предотвращения накопления устойчивых видов, необходимо знать видовой состав сорняков.

Цель исследования. Оценка возможности использования нового гербицида в виде масляной дисперсии (МД) на основе флуметсулама и флорасулама для борьбы с сорными растениями на посевах пшеницы озимой.

Материалы, методы и объекты исследования. Изучение эффективности гербицида проводили в течение двух вегетационных периодов в 2020 и 2021 гг. в Сальском районе Ростовской области. В опыте были использованы два сорта пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L.): Сварог и Гром. Почва опытного участка темно-каштановая, тяжелосуглинистая, содержание гумуса в пахотном слое 3,1%, рН=6,9. Размер делянки 25 м², количество повторностей: 4.

Фазы развития растений пшеницы на момент обработки – кушение и выход в трубку.

Мы изучали биологическую эффективность нового гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) против двудольных сорняков на пшенице озимой.

Методика проведения учетов вредных объектов: количественно-весовым методом на 4 учетных площадках размером 0,25 м² на каждой делянке опыта; в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве (2013) [9] и Методическими рекомендациями по проведению регистрационных испытаний гербицидов (2020) [10]. Гербициды вносили ручным малообъемным опрыскивателем (Соло 456), расход рабочей жидкости 300 л/га. Схема опыта представлена в таблицу 1.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of experience

Варианты опыта	Нормы применения
1. Гербицид, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама)	0,1 л/га
2. Гербицид, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама)	0,15 л/га
3. Дерби 175, СК (эталон)	0,05 л/га
4. Дерби 175, СК (эталон)	0,07 л/га
5. Контроль (без обработки гербицидом)	–

До внесения гербицидов проведен количественный учет засоренности с целью установления численности и видового состава сорных растений (табл. 2).

Таблица 2. Растения сорняков во время обработки
Table 2. Weed plants during processing

Виды сорных растений	Научное название
<i>Дескурайния Софии</i>	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl
<i>Подмаренник цепкий</i>	<i>Galium aparine</i> L.
<i>Ярутка полевая</i>	<i>Thlaspi arvense</i> L.
<i>Вьюнок полевой</i>	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
<i>Гречишка вьюнковая</i>	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Love

Учеты сорных растений проводили количественным методом с подсчетом числа отдельных экземпляров каждого вида растений на учетных площадках (как правило, использовали 4 учетные площадки размером 0,25 м², выделяемые на каждой делянке опыта с помощью рамок соответствующего размера). Учеты засоренности посевов проводили в 4 срока: 1-й – до обработки (исходная засоренность), 2-й – через 30 дней после обработки, 3-й – через 45 дней после обработки, 4-й – перед уборкой урожая.

Уборка урожая производилась вручную методом пробных снопов по 1 м² на каждой делянке (рис. 1). Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа с определением НСР₀₅.



Рисунок 1. Уборка урожая пшеницы озимой на опытной делянке (Ростовская обл., 2021 г.)
Figure 1. Harvesting in the Rostov region (2021)

Результаты исследования. В условиях 2020 г. до внесения гербицидов в посеве преобладали однолетние двудольные сорняки: дескурайния Софии, подмаренник цепкий, ярутка полевая. В фазу кущения пшеницы озимой исходная засоренность опытного участка однолетними сорняками составляла 64 экз./м². Количество многолетних двудольных сорняков вида вьюнок полевой составляло 7 экз./м². В фазу выхода в трубку исходная засоренность опытного участка однолетними сорняками составляла 76 экз./м². Количество многолетних двудольных сорняков вьюнок полевой составляло 9 экз./м².

Внесение гербицидов в фазу кущения культуры привело к существенному подавлению сорных растений. В вариантах с внесением изучаемого гербицида в нормах применения 0,1 и 0,15 л/га снижение общего количества сорных растений составляло 85,2-100% (рис. 2). Снижение массы однолетних сорняков составило 92,1-99,4%, снижение массы многолетних видов 76,1-97,1%, что соответствовало уровню эффективности эталона Дерби 175, СК.

Внесение гербицидов в фазу выхода в трубку также способствовало заметному подавлению сорных растений: в обоих вариантах снижение общего количества сорных растений составляло 75,9-94,7%, снижение массы однолетних сорняков – 89,5-98,3%, снижение массы многолетних видов 67,0-92,8% (рис. 3).

В условиях 2021 г. до внесения гербицидов в посеве преобладали однолетние двудольные сорняки: гречишка вьюнковая, дескурайния Софии и подмаренник цепкий. Исходная засоренность опытного участка однолетними сорняками составляла 67 экз./м². Количество многолетних двудольных сорняков вьюнок полевой составляло 14 экз./м².

Снижение общего количества сорных растений при применении изучаемого гербицида в вариантах опыта составляло 81,1-96,2%, снижение массы однолетних сорняков – 86,0-99,1%, снижение массы многолетних видов 55,5-89,3% (рис. 4).

В фазу выхода в трубку (пшеница) засоренность опытного участка однолетними сорняками составляла 80 экз./м². Количество многолетних двудольных сорняков вьюнок полевой составляло 10 экз./м².

В результате применения изучаемого гербицида в обеих нормах были получены следующие результаты: снижение общего количества сорных растений составляло 73,7 –

92,9%, снижение массы однолетних сорняков – 84,1-97,4%, снижение массы многолетних видов 48,2-79,4% (рис. 5).

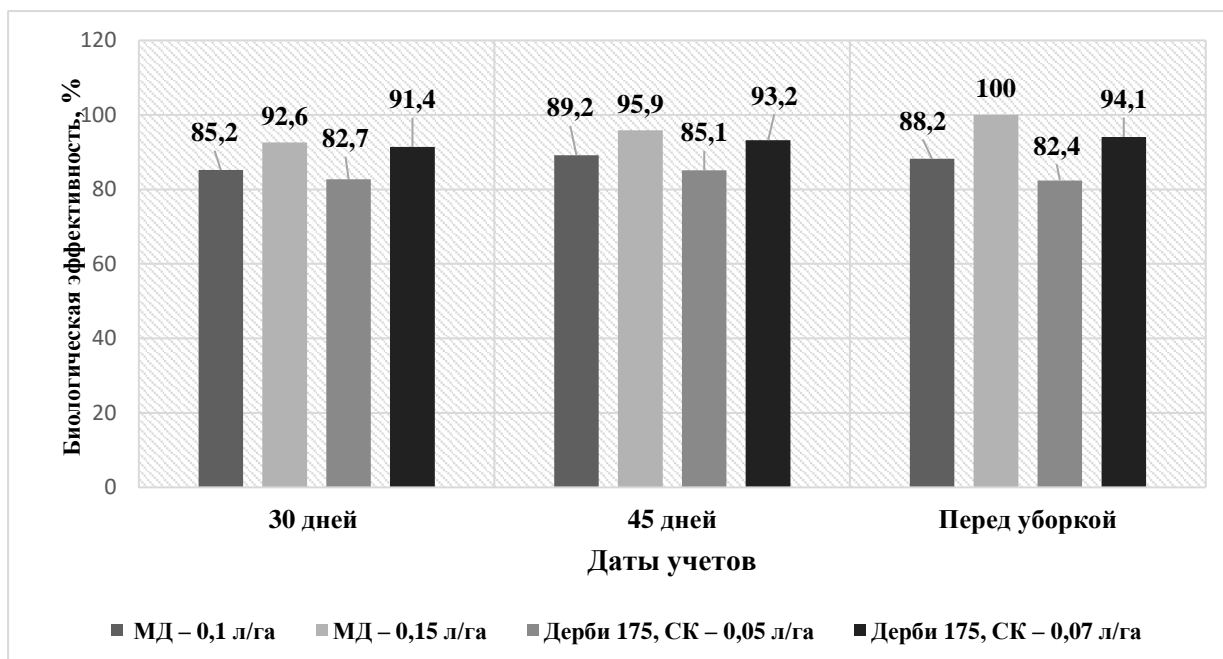


Рисунок 2. Биологическая эффективность гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (фаза кушения, Ростовская область, 2020 г.)

Figure 2. Biological effectiveness of the herbicide, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (tillering phase, Rostov region, 2020)

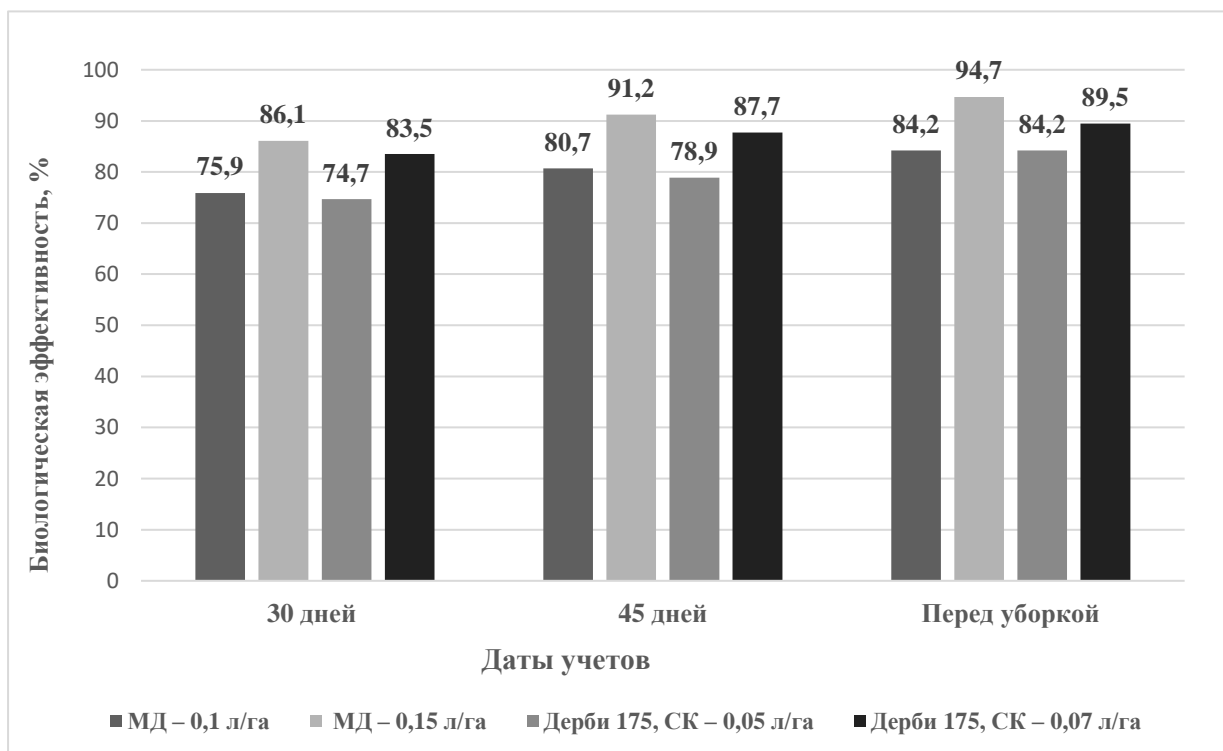


Рисунок 3. Биологическая эффективность гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (фаза выхода в трубку, Ростовская область, 2020 г.)

Figure 3. Biological effectiveness of the herbicide, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (boot phase, Rostov region, 2020)

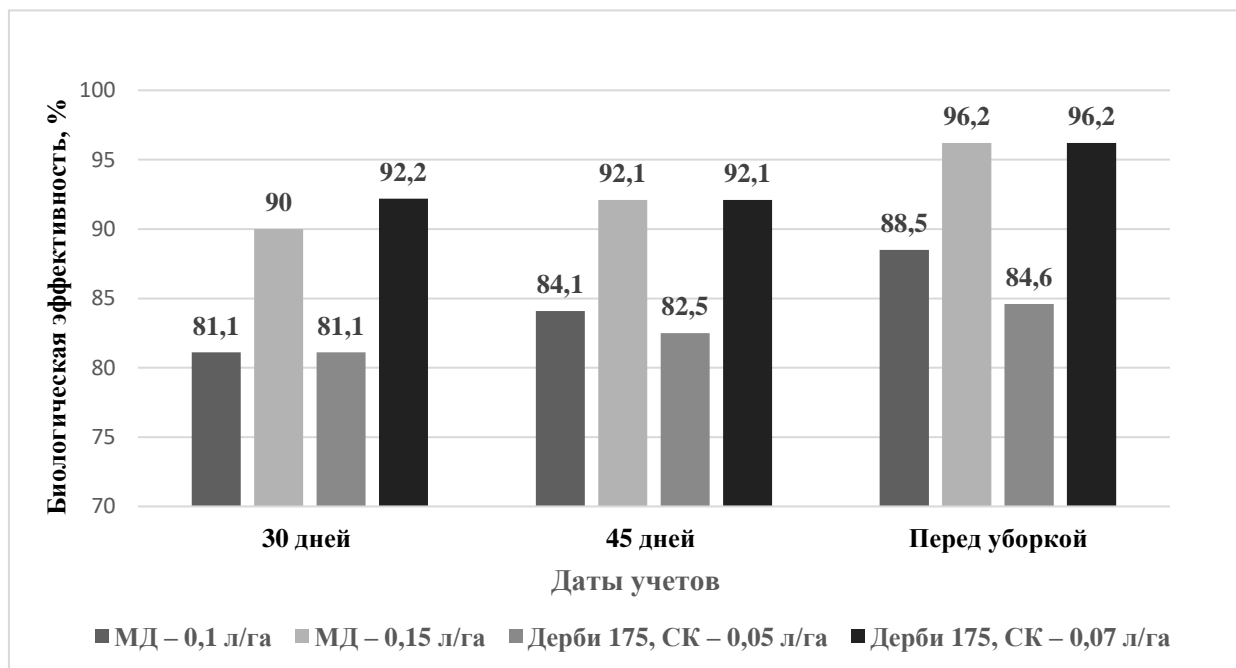


Рисунок 4. Биологическая эффективность гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (фаза кушения, Ростовская область, 2021 г.)

Figure 4. Herbicide biological effectiveness, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (tillering phase, Rostov region, 2021)

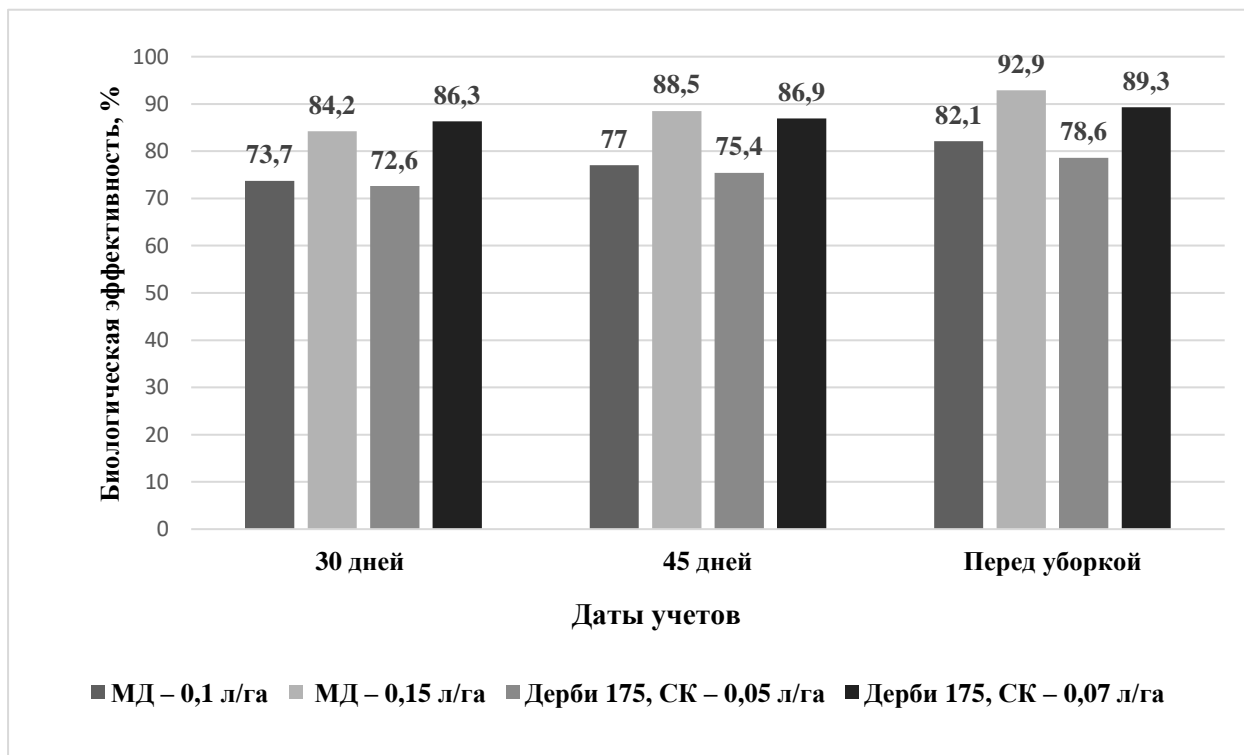


Рисунок 5. Биологическая эффективность гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (фаза выхода в трубку, Ростовская область, 2021 г.)

Figure 5. Biological effectiveness of the herbicide, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (boot phase, Rostov region, 2021)

При визуальных наблюдениях за растениями пшеницы в ходе экспериментов было продемонстрировано отсутствие негативного влияния нового гербицида на их рост и развитие. Все проведенные обработки изучаемым гербицидом достоверно влияли на урожайность зерна пшеницы по сравнению с контролем ($НСР_{05}=0,66$ ц/га и $НСР_{05}=1,3$ ц/га соответственно). Результаты представлены на рис. 6 и 7.

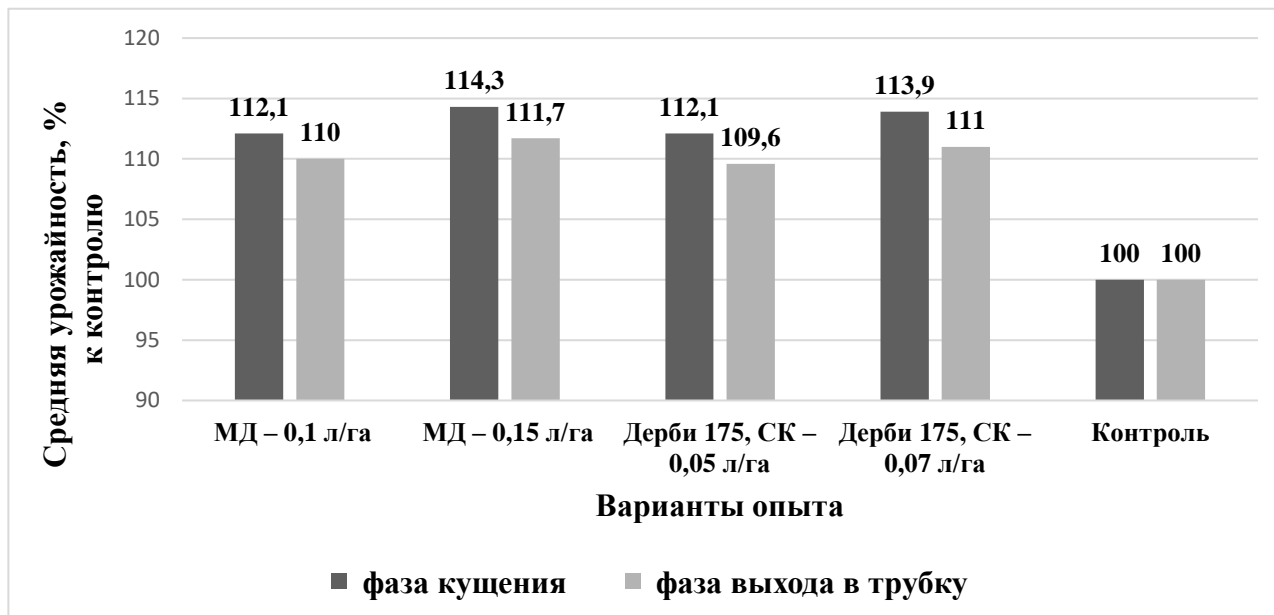


Рисунок 6. Урожайность пшеницы озимой сорта Гром при использовании гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (Ростовская область, 2020 г.)

Figure 6. The yield of winter wheat variety Grom when using herbicide, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (Rostov region, 2020)

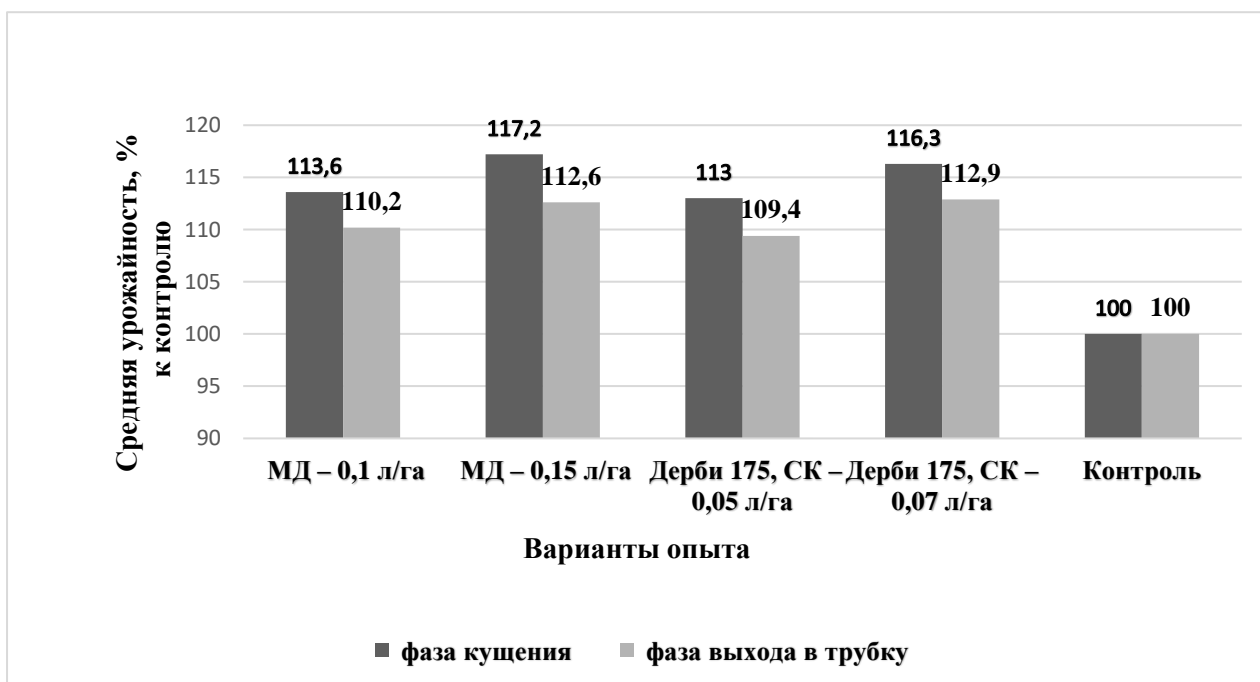


Рисунок 7. Урожайность пшеницы озимой сорта Сварог при использовании гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) (Ростовская область, 2021 г.)

Figure 7. The yield of winter wheat variety Grom when using herbicide, MD (50 g/l flumetsulam + 36 g/l florasulam) (Rostov region, 2021)

Выводы. По результатам исследований можно отметить, что биологическая эффективность применения нового комбинированного гербицида, МД (50 г/л флуметсулама + 36 г/л флорасулама) в нормах 0,1 и 0,15 л/га в фазы кущение – выхода в трубку была на уровне эффективности эталона Дерби 175, СК в соответствующих регламентах применения и обеспечивала защиту культуры и прибавку урожая.

Список источников литературы

1. FAO and WHO. Pesticide residues in food 2018 – Report 2018 – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues // FAO Plant Production and Protection Paper, Rome, 2019. – no. 234. – 668 pp.
2. Gyawali, A., Bhandari, R., Budhathoki, P., Bhattarai, S.A. Review on Effect of Weeds in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Their Management Practices // Food and Agri Economics Review, 2022, Vol., 2 (2), pp. 34–40.
3. Marzouk, E.M.A., Korrat, R. A.A. Efficacy of certain herbicides on broad-leaved weeds in wheat crop (*Triticum aestivum* L.) // Al – Azhar Journal of Agricultural Research. – 2022. – Vol. 45 (2). – P. 91–100.
4. Санин, С.С., Карлова, Л.В., Кашеев, А.В., Корнева, Л.Г., Рулева, О.М., Ибрагимов, Т.З., Никифоров, Е.В., Санин, Ст.С. Экономические и агроэкологические аспекты химической защиты зерновых культур от вредных организмов // Защита и карантин растений. – 2022. – № 5. – С. 3–13.
5. Пестерева, А.С., Сорока, Л.И., Сорока, С.В. Эффективность гербицидов на основе флорасулама в посевах пшеницы яровой // Защита растений. – 2021. – № 45. – С. 61–68. <https://doi.org/10.47612/0135-3705-2021-45-61-68>.
6. Шпанев, А.М., Лаптиев А.Б., Гончаров, Н.Р., Воропаев, В.В. Интегрированная защита озимой пшеницы на Северо-Западе России // Защита и карантин растений. – 2018. – № 6. – С. 28–34.
7. Sakadzo, N., Tekedese, J., Kugedera, A.T., Nyasha, C., Makuvara, Z. Efficacy of S-metolachlor and flumetsulam (triazolopyrimidine sulfonanilide) +S-metolachlor (chloro-acetanilide) as pre-emergence herbicides in controlling weeds in maize at Chisumbanje Estate // International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 2021, Vol. 5(4), pp. 508–513.
8. Pridie, S. Influence of Six Herbicides Applied to Silage Corn on Fall Planted Rye and Radish Cover Crop Growth in South Dakota Soils // The Journal of Undergraduate Research, 2020, Vol. 17 (3), pp. 1–17.
9. Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2013. – 280 с.
10. Методические рекомендации по проведению регистрационных испытаний гербицидов. – СПб., 2020. – 80 с.

References

1. FAO and WHO (2019), “Pesticide residues in food 2018 – Report 2018 – Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues”, *FAO Plant Production and Protection Paper*, no. 234, Rome, 668 pp.
2. Gyawali, A., Bhandari, R., Budhathoki, P., Bhattarai, S. A. (2022), “Review on Effect of Weeds in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Their Management Practices” // *Food and Agri Economics Review*, Vol. 2 (2), pp. 34–40.
3. Marzouk, E.M.A., Korrat, R. A.A., (2022), “Efficacy of certain herbicides on broad – leaved weeds in wheat crop (*Triticum aestivum* L.)” // *Al – Azhar Journal of Agricultural Research*, Vol. 45 (2), pp. 91–100.
4. Sanin, S.S., Karlova, L.V., Kashcheev, A.V., Korneva, L.G., Ruleva, O.M., Ibragimov, T.Z., Nikiforov, E.V., Sanin, St.S., (2022), “Economic and agroecological aspects of chemical protection of grain crops from harmful organisms” // *Protection and quarantine of plants*, Vol. 5, pp. 3–13. (in Russ.).
5. Pestereva, A.S. The effectiveness of herbicides based on Florasulam in crops of spring wheat / L. I. Soroka, S. V. Magpie. // *Plant protection*. – 2021. – No. 45, pp. 61–68. (in Russ.).

6. Shpanev, A.M., Laptiev, A.B., Goncharov, N.R., Voropaev, V.V., (2018), "Integrated protection of winter wheat in the North-West of Russia" // *Protection and quarantine of plants*, Vol. 6, pp. 28–34 (in Russ.).
7. Sakadzo, N., Tekedese, J., Kugedera, A.T., Nyasha, C., Makuvara, Z. / Efficacy of S-metolachlor and flumetsulam (triazolopyrimidine sulfonanilide) +S-metolachlor (chloro-acetanilide) as pre-emergence herbicides in controlling weeds in maize at Chisumbanje Estate // *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. – 2021. – Vol., 5(4), pp. 508–513.
8. Pridie, S. Influence of Six Herbicides Applied to Silage Corn on Fall Planted Rye and Radish Cover Crop Growth in South Dakota Soils/ Pridie, S// *The Journal of Undergraduate Research*. – 2020. – Vol. 17 (3), pp. 1–17.
9. Guidelines for registration tests of herbicides in agriculture (2013), St. Petersburg, 280 p. (in Russ.).
10. Methodological recommendations for testing herbicides (2020), St. Petersburg, 80 p. (in Russ.).

Сведения об авторах

Али Абдулла Султан Аль-Малики – руководитель Департамента пестицидов Национального комитета по регистрации и аккредитации пестицидов, Департамент защиты растений Министерства сельского хозяйства Ирака; аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Долженко Виктор Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий центром, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», заведующий кафедрой, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 9188-7507.

Долженко Олег Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», spin-код: 5460-6375.

Information about the authors

Ali A. S. Al-Maliki – Head of the Department of Pesticides, member and Speaker of the National Committee for Registration and Approval of Pesticides, Plant Protection Department, Ministry of Agriculture of Iraq, postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

Victor I. Dolzhenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Center, Federal State Budgetary Scientific Institution "All – Russian Research Institute of Plant Protection", Head, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 9188-7507.

Oleg V. Dolzhenko – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Plant Protection", spin-code: 5460-6375.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.01.2023; одобрена после рецензирования 9.06.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 20.01.2023; approved after reviewing 9.06.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 633.32:631.81

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-57-64

ВЛИЯНИЕ ХЕЛАТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КЛЕВЕРА ПАННОНСКОГО В УСЛОВИЯХ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Валерьевна Иванова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Костромская область, Костромской район, п. Караваево, Учебный городок, д. 34, 156530, Россия;
lamarishkin@mail.ru

Реферат. Одна из важных задач интенсификации кормопроизводства – подбор новых видов кормовых трав, которые не уступали бы традиционному клеверу луговому по кормовым достоинствам и долговечности. Новый перспективный вид для Костромской области – клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.). Целью исследований, проведенных в 2020-2022 гг., было изучение урожайности семян клевера паннонского сорта Снежок при использовании современных удобрений в условиях Костромской области. Контрольный вариант без применения удобрений сравнивался с вариантами с применением органо-минерального удобрения и хелатными удобрениями Аквамикс Т и Аквамикс ТВ. В опыте использованы два способа посева (междурядья 15 и 30 см). Урожайность семян в опыте была высокой на делянках с междурядьями 15 см и составляла в первый год пользования 3,38-6,68 ц/га, во второй – 3,02-4,88 ц/га. Урожай семян при междурядьях 30 см был значительно ниже – 0,65-2,08 ц/га и 1,07-3,2 ц/га соответственно в 2021 и 2022 гг. Применение минеральных удобрений для обработки семян (Аквамикс Т) и некорневой подкормки (Аквамикс ТВ) в фазу весеннего отрастания позволило увеличить количество генеративных побегов до 350 шт./м², количество головок клевера – до 675 шт./м² и массу 1000 семян – до 4,02 г. Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения высокой урожайности семян клевера паннонского сорта Снежок в условиях Костромской области при использовании междурядий 15 см. Рекомендуется обработка семян Аквамикс Т в день посева, некорневая подкормка в фазу весеннего отрастания Аквамикс ТВ.

Ключевые слова: клевер паннонский, урожайность семян, некорневая подкормка, хелатные удобрения, способы посева

Цитирование. Иванова М.В. Влияние хелатных удобрений на семенную продуктивность клевера паннонского в условиях Костромской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – №2 (71) – С. 57–64. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-57–64

EFFECT OF CHELATED FERTILIZERS ON SEED PRODUCTIVITY OF PANNONIAN CLOVER UNDER KOSTROMA REGION CONDITIONS**Marina Valeryevna Ivanova**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», Kostroma region, Karavaevo, 34, 156530, Russia; lamarishkin@mail.ru

Abstract. One of the important tasks of intensifying fodder production is the selection of new species of fodder grass that would not be inferior to the traditional meadow clover in terms of fodder value and longevity. A new promising species for Kostroma region is Pannonian clover (*Trifolium pannonicum Jacq.*). The aim of the research conducted in 2020-2022 was to study the seed yield of Pannonian clover variety Snezhok when using modern fertilizers in the conditions of Kostroma region. The control variant without fertilizer application was compared with the variants with application of organo-mineral fertilizer and chelate fertilizers Aquamix T and Aquamix TV. Two methods of sowing (15 and 30 cm row-spacing) were used in the experiment. Seed yields in the experiment were high in plots with 15 cm row-spacing and were 3.38-6.68 c/ha in the first year of use, and 3.02-4.88 c/ha in the second. Seed yields at 30 cm spacing were significantly lower at 0.65-2.08 cwt/ha and 1.07-3.2 cwt/ha in 2021 and 2022, respectively. The application of mineral fertilizers for seed treatment (Aquamix T) and foliar dressing (Aquamix TV) in the phase of spring growth increased the number of generative shoots to 350 pcs/m², the number of clover heads to 675 pcs/m² and the weight of 1000 seeds to 4.02 g. The results indicate the possibility of obtaining a high yield of clover Pannonian seed variety Snezhok in the conditions of the Kostroma region when using a row spacing of 15 cm. It is recommended to treat the seeds with Aquamix T on the day of sowing, foliar feeding in the phase of spring regrowth Aquamix TV.

Keywords: *Pannonian clover, seed yield, foliar fertilizing, chelated fertilizers, sowing methods*

Citation. Ivanova M.V. (2023), "Effect of chelated fertilizers on seed productivity of Pannonian clover under Kostroma region conditions", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2 pp. 57–64 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-57–64

Введение. Для интенсификации кормопроизводства Костромской области идет постоянный поиск нетрадиционных кормовых трав, которые не уступали бы традиционному клеверу луговому по кормовым достоинствам и обладали определенными преимуществами, особенно долговечностью в посевах. Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum Jacq.*) – один из новых и перспективных видов для Нечерноземной зоны РФ [1, 2, 3, 4]. Он выгодно отличается от клевера лугового не только продуктивностью, качеством корма, но и долголетием [5, 6, 7, 8, 9]. Наличие качественных семян многолетних трав является важным условием распространения этих культур в ассортименте кормовых трав региона. В семеноводстве многолетних трав эффективным средством управления продукционным процессом является оптимизация минерального питания. Применение новых удобрений способствует как увеличению урожайности семян, так и получению семян с высокими посевными качествами [10, 11, 12].

Цель исследования – изучение урожайности семян клевера паннонского сорта Снежок при использовании хелатных удобрений в условиях Костромской области.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследований является одновидовой посев клевера паннонского сорта Снежок. Полевые исследования проводились в 2020-2022 гг. в опыте, заложенном на опытном поле ФГБОУ ВО Костромская ГСХА. Закладка опыта была проведена весной 2020 г. по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. ОМУ универсал (органоминеральное удобрение).
3. Аквамикс Т (обработка семян клевера) + ОМУ универсал.
4. Аквамикс Т (обработка семян клевера) + Аквамикс ТВ (обработка растений клевера) + ОМУ универсал.

Опыт двухфакторный: фактор А – удобрения, фактор В – ширина междурядий 15 и 30 см. Повторность опыта четырехкратная, площадь делянки 3,15 м², общая площадь опыта 160 м², расположение делянок систематическое (рис. 1).



Рисунок 1. Полевой опыт, 2020 г.

Figure 1. Field experience, 2020

Семена клевера паннонского сорта Снежок (рис. 2) были предоставлены Грипась М.Н., (канд. с.-х. наук, автор сорта, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства многолетних трав ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»). Нормы высева клевера в опыте составили: 11 кг/га (2,5 млн всхожих семян) при междурядьях 15 см; 7 кг/га (1,5 млн всхожих семян) при междурядьях 30 см.



Рисунок 2. Клевер паннонский: семена

Figure 2. *Trifolium pannonicum*: seeds

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимические показатели почвенного плодородия перед закладкой опыта: рН сол. 5,6; содержание гумуса 2,0%; содержание подвижного фосфора 185,0 мг/кг почвы; содержание обменного калия 110,0 мг/кг почвы. Посев проводили вручную весной (6 мая) беспокровно, сплошным рядовым способом на глубину 1,5-2 см. В день посева семена клевера паннонского на третьем и четвертом вариантах обрабатывали микроудобрением Аквамикс Т. Органо-минеральное удобрение применяли при посеве как рядковое с нормой внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$. Аквамикс ТВ применяли как некорневую подкормку в фазу весеннего отрастания. Уборку на семена проводили в фазу полной спелости семян. Уборочную спелость определяли по числу побуревших головок и по наличию в них спелых семян (рис. 3).



Рисунок 3. Клевер паннонский: цветение, побурение головок, полная спелость семян
Figure 3. *Trifolium pannonicum*: flowering, browning of heads, full ripeness of seeds

Результаты исследования. Анализ структуры семенного травостоя (табл. 1, 2) позволяет изучить влияние условий выращивания и приемов агротехники на особенности формирования биологического урожая семян клевера. В табл. 1 представлена структура семенных посевов клевера паннонского первого года пользования.

Наибольшее количество генеративных побегов формировалось на варианте с обработкой семян и вегетирующих растений удобрениями Аквамикс Т и Аквамикс ТВ. Превышение над контролем на этом варианте составило 150 шт./м² с междурядьями 15 см и 75 шт./м² с междурядьями 30 см. Количество генеративных побегов составило в первый год пользования 60-90% от всех побегов.

При сравнении посевов с разными междурядьями отмечается снижение количества стеблей растений при междурядье 30 см. На этих вариантах в 1,2–2,8 раза было меньше всех побегов и в 2,8–4,0 раза меньше – генеративных.

Важным показателем семенной продуктивности является количество головок клевера. На вариантах с междурядьями 15 см их от 462 до 675 шт./м². При ширине междурядий 30 см их количество снижается до 200–325 шт./м². Варианты с применением удобрений превышают контроль количеством головок клевера на 16–62%.

Таблица 1. Структура семенных посевов клевера паннонского первого года пользования
 Table 1. The structure of seed crops of Pannonian clover, 1st year of use

Вариант (фактор А)	Высота растений, см	Побеги, шт./м ²		Количество головок, шт./м ²
		всего	генеративные	
Междурядья 15 см (фактор Б)				
1. Контроль	70,6	350	200	462
2. ОМУ	65,4	250	238	537
3. Аквамикс Т + ОМУ	65,5	387	325	625
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ+ ОМУ	71,2	414	350	675
Междурядья 30 см (фактор Б)				
1. Контроль	72,8	125	50	200
2. ОМУ	65,6	162	75	300
3. Аквамикс Т + ОМУ	57,0	320	75	315
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ+ ОМУ	60,6	250	125	325
НСР ₀₅ фактор А	2,3	80	47	98
НСР ₀₅ фактор Б	4,6	132	78	128
НСР ₀₅ взаим. АБ	5,9	155	112	235

Таблица 2. Структура семенных посевов клевера паннонского второго года пользования
 Table 2. The structure of seed crops of Pannonian clover, 2nd year of use

Вариант (фактор А)	Высота растений, см	Побеги, шт/м ²		Количество головок, шт/м ²
		всего	генеративные	
Междурядья 15 см (фактор Б)				
1. Контроль	66,5	270	200	337
2. ОМУ	73,3	250	216	463
3. Аквамикс Т + ОМУ	63,5	400	300	450
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ+ ОМУ	72,3	430	310	512
Междурядья 30 см (фактор Б)				
1. Контроль	53,0	150	116	200
2. ОМУ	66,0	276	150	225
3. Аквамикс Т + ОМУ	64,5	300	206	300
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ+ ОМУ	58,0	306	280	325
НСР ₀₅ фактор А	1,9	120	38	105
НСР ₀₅ фактор Б	1,6	86	42	130
НСР ₀₅ взаим. АБ	2,4	130	74	205

На второй год пользования посевами сохраняются аналогичные тенденции: применение минеральных удобрений увеличивает количество побегов растений на 130-160 шт./м². Генеративные побеги в целом по опыту составили на второй год пользования 54-91% от всех побегов. Количество головок на вариантах с междурядьями 15 см составило 337-512 шт./м², это в 1,5-2,1 раза больше, чем на вариантах с междурядьями 30 см.

Урожайность семян в опыте была высокой на делянках с междурядьями 15 см и составляла в первый год пользования 3,38-6,68 ц/га, во второй – 3,02-4,88 ц/га (табл. 3). Статистически достоверное превышение над контролем было получено на варианте 4 и составило в первый год пользования 3,3 ц/га, во второй – 1,86 ц/га. Урожай семян при междурядьях 30 см был значительно ниже – 0,65-2,08 ц/га и 1,07 – 3,2 ц/га соответственно в 2021 и 2022 гг. Это связано с тем, что при выращивании клевера паннонского с междурядьем 15 см сформировалось большее количество продуктивных стеблей и головок клевера, чем при междурядьях 30 см.

Таблица 3. Урожайность семян клевера паннонского (2021–2022 гг.)
Table 3. Yield of Pannonian clover seeds (2021–2022)

Вариант (фактор А)	1 год пользования трав (2021)			2 год пользования трав (2022)		
	Урожайность семян		Масса 1000 семян, г	Урожайность семян		Масса 1000 семян, г
	ц/га	+– к контролю, ц/га		ц/га	+– к контролю, ц/га	
Междурядья 15 см (фактор Б)						
1. Контроль	3,38		3,01	3,02		3,40
2. ОМУ	4,08	+0,70	3,45	3,25	+0,23	3,63
3. Аквамикс Т + ОМУ	4,00	+0,62	3,48	4,27	+1,25	3,83
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ + ОМУ	6,68	+3,30	3,64	4,88	+1,86	4,02
Междурядья 30 см (фактор Б)						
1. Контроль	0,65		2,30	1,07		3,36
2. ОМУ	1,08	+0,43	3,16	2,10	+1,03	3,59
3. Аквамикс Т + ОМУ	1,68	+1,03	2,84	2,92	+1,85	3,90
4. Аквамикс Т + Аквамикс ТВ + ОМУ	2,08	+1,43	3,45	3,20	+2,13	4,00
НСР ₀₅ фактор А	2,57		0,26	1,57		0,39
НСР ₀₅ фактор Б	3,56		0,95	2,02		0,64
НСР ₀₅ взаим. АБ	4,08		1,43	2,96		0,73

Варианты с применением минеральных удобрений отличались массой 1000 семян до 3,64–4,02 г, это соответствует характеристике сорта Снежок. Применение удобрений способствовало получению семян с большей массой, разница с контролем была достоверной. Несмотря на то, что клевер паннонский относится к крупносемянным культурам (из многолетних бобовых трав), масса 1000 семян сильно зависит от количества выпавших

осадков [6, 7, 8]. Вегетационные периоды 2021 и 2022 гг. были засушливыми, поэтому масса 1000 семян на некоторых вариантах была ниже 4 г.

Выводы. Проведенные исследования свидетельствуют о возможности получения качественных семян клевера паннонского в условиях Костромской области. В технологии следует использовать рядовой посев с междурядьями 15 см. Для реализации потенциальной продуктивности клевера паннонского рекомендуется использовать микроудобрение Аквамикс Т для предпосевной обработки семян и Аквамикс ТВ для внекорневой подкормки в фазу весеннего отрастания.

Список источников литературы

1. Иванова, М.В., Бузук, М.П. Клевер паннонский – перспективная кормовая культура // Актуальные вопросы развития науки и технологий: сборник статей молодых учёных по материалам 71-й студенческой научной и 72-й межрегиональной студенческих научных конференций. – Караваево, 2021. – С. 11–17.
2. Нечаева, Т.В., Якутина, О.П., Боголюбова, Е.В. Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – перспективная кормовая культура и фитомелиорант (литературный обзор) // Почвы и окружающая среда. – 2020. – № 1.
3. Белинский, О.А., Боярский, А.В., Нурлыгаянов, Р.Б. Влияние способов посева на урожайность и питательность посевов клевера паннонского // МСХ. – 2018. – № 1.
4. Кшникаткина, А.Н., Галиуллин, А.А. Семенная продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в зависимости от способов посева в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. – 2017. – № 1 (42). – С. 32–38.
5. Кшникаткин, С.А., Карпов, Н.А. Агроэкологическая эффективность инокуляции семян бактериальными препаратами и комплексными удобрениями в ресурсосберегающей технологии возделывания клевера паннонского // Нива Поволжья. – 2020. – № 2 (55).
6. Kristensen, R.K., Fontaine, D., Rasmussen, J., Eriksen, J. Contrasting effects of slurry and mineral fertilizer on N₂-fixation in grass-clover mixtures. // European Journal of Agronomy. 2022. 133:126431.
7. Ates, E., Namik, T. Content of isoflavones and macroelements in five clover species (*Trifolium* spp.) grown on pasture: the influence of a slope aspect // Journal of Elementology. 2022. 27 (2): pp. 379–392.
8. Thers, H., Jensen, J., Rasmussen, J. Grass-clover response to cattle slurry N-rates: Yield, clover proportion, protein concentration and estimated N₂-fixation // Field Crops Research. 2022. 287 (2532 253):108675
9. Moloney, T., Sheridan, H., Grant, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P. Yield of binary and multi – species swards relative to single – species swards in intensive silage systems. Ir. J. Agric. Food Res. 2021. 59.
10. Попова, Е.В., Арзамасова, Е.Г., Шихова, И.В. Структура семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 3.
11. Попова, Е.В., Арзамасова, Е.Г., Шихова, И.В. Качество семян клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) сорта Снежок // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – № 5.
12. Попова, Е.В., Грипась, М.Н., Арзамасова, Е.Г. Изучение параметров семенного травостоя клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) Снежок при долголетнем использовании посева в условиях Кировской области. // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – (4):15 – 26.

References

1. Ivanova, M.V., Buzuk, M.P. Pannonian clover – a promising fodder crop // Current issues of science and technology development. Collection of articles by young scientists based on the materials of the 71st Student Scientific and 72nd interregional student Scientific conferences. Karavaevo, 2021. pp. 11 – 17.
2. Nechaeva, T.V., Yakutina, O.P., Bogolyubova, E.V. Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – promising fodder crop and phytomeliorant (literary review) // Soils and environment. 2020. № 1.
3. Belinsky, O.A., Boyarsky, A.V., Nurlygayanov, R.B. The influence of sowing methods on the yield and nutritional value of Pannonian clover crops // Ministry of Agriculture. 2018. No. 1.

4. Kshnikatkina, A.N., Galiullin, A.A. Seed productivity of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) depending on the methods of sowing in the forest-steppe of the Middle Volga region // *Niva of the Volga region*. 2017. No. 1 (42). pp. 32–38.
5. Kshnikatkin, S.A., Karpov, N.A. Agroecological efficiency of seed inoculation with bacterial preparations and complex fertilizers in resource-saving cultivation technology Pannonian clover // *Niva of the Volga region*. 2020. №2 (55).
6. Kristensen, R.K., Fontaine, D., Rasmussen, J., Eriksen, J. Contrasting effects of slurry and mineral fertilizer on N₂-fixation in grass-clover mixtures. // *European Journal of Agronomy*. 2022. 133:126431
7. Ates, E., Namik, T. Content of isoflavones and macroelements in five clover species (*Trifolium* spp.) grown on pasture: the influence of a slope aspect // *Journal of Elementology*. 2022. 27 (2): pp. 379–392
8. Thers, H., Jensen, J., Rasmussen, J. Grass-clover response to cattle slurry N-rates: Yield, clover proportion, protein concentration and estimated N₂-fixation // *Field Crops Research*. 2022. 287(2532 253):108675
9. Moloney, T., Sheridan, H., Grant, J., O’Riordan, E.G., O’Kiely, P. Yield of binary and multi – species swards relative to single – species swards in intensive silage systems. *Ir. J. Agric. Food Res.* 2021. 59
10. Popova, E.V., Arzamasova, E.G., Shikhova I.V. The structure of the seed herbage of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) of the Snowball variety in the conditions of the Kirov region // *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021. No.3.
11. Popova, E.V., Arzamasova, E.G., Shikhova, I.V. Quality of Pannonian clover seeds (*Trifolium pannonicum* Jacq.) varieties of Snowball // *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2022. No. 5.
12. Popova, E.V., Gripas, M.N., Arzamasova, E.G. Study of the parameters of the seed herbage of Pannonian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) Snowball with long-term use of sowing in the conditions of the Kirov region. *Adaptive feed production*. 2019; (4):15–26.

Сведения об авторах

Иванова Марина Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spin-код: 1696-1794.

Information about the authors

Marina V. Ivanova – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the agrochemistry, biology and plant protection department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», spin-код: 1696-1794.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author’s contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 24.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 04.04.2023; approved after reviewing 24.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК: 636.08; 332.1

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-65-74

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАЦИОНАЛЬНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АЙРАНА В УСЛОВИЯХ
КАБАРДИНО - БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**Карина Альбертовна Темирдашева¹, Владимир Мицахович Гукеев²,
Залина Леонидовна Эльжирокова³**

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация; karinaabazova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

²Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация; kbniish2007@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8248-5993>

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, 360030, Российская Федерация; zalinae0585@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-4032-6526>

Реферат. В Кабардино-Балкарской Республике сосредоточено много мелких хозяйствующих субъектов (КФХ, ИП, СХПК, ОАО), которые занимаются производством молока и молочной продукции в частном секторе. В условиях густонаселенности и отсутствия работы поддержка частного сектора, а также предоставление возможностей реализации продукции для Республики является одной из актуальных проблем, особенно в горной зоне, где сложно обеспечить промышленное производство. Цель исследования – сравнительная оценка национальной и промышленной технологии производства айрана в условиях Кабардино-Балкарской Республики. Для сравнительной оценки потребительских качеств кисломолочных продуктов нами проведен мониторинг особенностей технологии промышленного производства айрана в ассортименте продукции на крупных торговых площадках города Нальчик в сравнении с предлагаемой национальной технологией приготовления айрана по следующему принципу: 1 образец – цельное молоко с использованием готовой закваски; 2 образец – цельное молоко с использованием молочного гриба; 3 образец – пастеризованное молоко торговой марки «Чабан» 2,5% с использованием молочного гриба. Выявлено, что айран, полученный из цельного молока с использованием молочного гриба, имеет равномерный светло-молочный цвет, консистенцию плотную, на поверхности имеется отстой жира. Айран, приготовленный с готовой закваской на цельном молоке, отличается немного густотой и жирностью. Айран из пастеризованного молока с добавлением молочного гриба имеет сметанообразную консистенцию с небольшими пузырьками газа. Содержание жира во втором образце составляет 3,8%, что на 0,4% больше содержания жира первого образца и на 1,3% третьего. Разница в содержании белка незначительная (0,3%). Кислотность исследуемых образцов составила во втором образце 135°Т, что на 1°Т меньше, чем в первом, и на 3°Т меньше, чем в третьем образце.

Ключевые слова: айран, цельное молоко, пастеризация, молочный гриб, кисломолочная закваска, технология производства айрана

Цитирование. Темирдашева, К.А., Гукезhev, В.М., Эльжирокова, З.Л. Сравнительная оценка национальной и промышленной технологии производства айрана в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 65-74. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-65-74

COMPARATIVE ASSESSMENT OF NATIONAL AND INDUSTRIAL AYRAN PRODUCTION TECHNOLOGY IN THE CONDITIONS OF THE KABARDINO - BALKARIAN REPUBLIC

Karina A. Temirdasheva¹, Vladimir M. Gukezhev², Zalina L. Elzhirokova³

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia; karinaabazova@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-2365-8628>

²Federal Scientific Center "Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" Nalchik, Kabardino-Balkar Republic, Russia; kbniish2007@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0001-8248-5993>

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia; zalinae0585@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-4032-6526>

Abstract. The Kabardino-Balkarian Republic has a high concentration of small economic entities (peasant farming, individual entrepreneur, agricultural production cooperative, JSC) engaged in private sector production of milk and dairy products. In conditions of densely populated and lack of work, supporting the private sector and providing opportunities for marketing products is a pressing issue for the Republic, especially in the mountainous zone, where it is difficult to provide industrial production. The aim of the study is to carry out a comparative assessment of national and industrial ayran production technology in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. For a comparative assessment of consumer qualities of dairy products we have monitored the features of technology of industrial production of ayran in a range of products on large trading platforms in Nalchik, in comparison with the proposed national technology of cooking ayran in the following way: 1 sample – whole milk using ready-made starter, 2 sample – whole milk using milk mushroom, 3 sample – pasteurized milk brand "Chaban" 2,5% using milk mushroom. It was revealed that ayran obtained from whole milk using lactic fungus has uniform light milky colour, the consistency is dense and there is a fat sludge on the surface. Ayran prepared with prepared starter on whole milk is slightly thicker and fattier. Airan from pasteurized milk with the addition of lactic fungus has a sour creamy consistency with small gas bubbles. The fat content in the second sample is 3,8%, 0,4% higher than in the first sample and 1,3% higher than in the third. The difference in protein content is insignificant (0,3%). The acidity of the tested samples was 135°T in the second sample, which is 1°T less than in the first sample and 3°T less than in the third sample.

Keywords: ayran, whole milk, pasteurization, milk mushroom, sourdough, ayran production technology

Citation. Temirdasheva K. A., Gukezhev V. M., Elzhirokova Z. L. (2023), “Comparative assessment of the national and industrial technology of ayran production in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic” // *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no 2, pp. 65-74. (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-65-74

Введение. С давних времен кисломолочная продукция Кавказа, в том числе и айран с полезным составом, уникальными свойствами и нежным кисломолочным вкусом, считается напитком долгожителей. Вне зависимости от технологии приготовления молочные продукты, производимые в условиях предгорной и горной зон Республики, характеризуются неповторимым ароматом. Богатый ботанический состав природных кормовых угодий придает своеобразный вкус и особое послевкусие, присущие именно айрану этой зоны. Издавна такой продукт хранили месяцами, закопав в землю, а полезные его свойства лишь преумножались.

Уровень развития отрасли молочного животноводства связан с разными факторами, как природно-климатическими, так и экономическими, технологическими и другими. Важно не забывать о том, что населению необходима экологически чистая продукция, произведенная в соответствующих условиях [1].

Согласно исследованиям ряда авторов (2021 г.), «...молочнокислые микроорганизмы и пробиотические препараты на их основе достаточно широко используются в различных отраслях сельского хозяйства и пищевой промышленности...» [2; 3]. В исследованиях Макаровой Н.В. и др. говорится, что «...лакто- и бифидобактерии – широко используемые микроорганизмы при производстве функциональных продуктов, в основном кисломолочных. Польза данных бактерий состоит в том, что они восстанавливают микрофлору кишечника, а также способствуют быстрому восстановлению организма...» [4].

В своих исследованиях Pourjafar H., Ayareh V., Karim G. (2017) отмечают, что «...для стабильного производства культур с целью получения кисломолочных напитков требуются знания о влиянии условий их размножения и хранения. Австралийские ученые определяли такие условия для 7 видов микроорганизмов...» [5]. Гетманец В.Н. (2018) отмечает, что «...с появлением в свободной продаже заквасок для приготовления кисломолочных продуктов многие стали их использовать...» [6]. И мы подтверждаем данную тенденцию по нашим исследованиям (табл. 1). В ходе опроса производителей было выявлено, что все они используют сборное молоко и готовые кефирные закваски и мало кто знает о молочных грибах.

«...Предпосылками для развития производства, совершенствования структуры ассортимента и гарантии безопасности продукции молокоперерабатывающей отрасли являются: сформировавшийся спрос, специфика сырьевого обеспечения, возможность расширения ассортимента за счет выпуска национальных молочных продуктов, возможность обновления и расширения сырьевой и материально-технической базы за счет реализации государственных программ развития...» [7].

Абдимиталипов И.А. и Мазеева И.А. (2021) считают, что «...биопродукты, выработанные с применением молочнокислых бактерий и молочных дрожжей – продукты со смешанным типом брожения, имеют неопределимое значение при организации здорового функционального питания. Актуальность воспроизведения традиционных технологий кисломолочных напитков в промышленных масштабах связана с возможностью вырабатывать продукты с гарантированным стабильным качеством и повышенной пищевой ценностью. Наибольший интерес представляют традиционные напитки, технология производства

которых предполагает использование многокомпонентных заквасок, обеспечивающих накопление разнообразных продуктов метаболизма. Отличительными чертами данной категории продуктов являются большое разнообразие заквасочной микрофлоры, оригинальные сенсорные показатели, лечебно-профилактические и диетические свойства, подтвержденные многочисленными исследованиями, работа над ходом которых не останавливается ни на минуту...» [8].

Согласно ГОСТ 31702-2013 Айран. Технические условия, айран – кисломолочный продукт, произведенный путем смешанного (молочнокислого и спиртового) брожения с использованием заквасочных микроорганизмов – термофильных молочнокислых стрептококков, болгарской молочнокислой палочки и дрожжей с последующим добавлением воды и соли или без их добавления [9]. Тот факт, что закваски являются важнейшей составляющей в производстве айрана, отмечают ряд авторов [10].

В Кабардино-Балкарской Республике сосредоточено много мелких хозяйствующих субъектов (КФХ, ИП, СХПК, ОАО, частный сектор), которые занимаются производством молока и молочной продукции. В условиях густонаселенности и отсутствия работы поддержка частного сектора, а также предоставление возможностей реализации продукции для Республики является одной из актуальных проблем, особенно в горной зоне, где сложно обеспечить промышленное производство. Важно отметить, что поддержание частного сектора является одним из элементов экономического существования семьи.

Промышленным производством айрана в России занимаются немногие, тем более на международном уровне. Национальная технология его производства связана с давними традициями и обычаями народов Северного Кавказа и Закавказья. Так, в условиях постоянных разъездов горцы брали с собой вяленое мясо и айран: продукты долго хранились и утоляли жажду.

Цель исследования. Цель исследований – сравнительная оценка национальной и промышленной технологии производства айрана в условиях Кабардино-Балкарской Республики.

Материал и методы исследований. Для сравнительной оценки потребительских качеств кисломолочных продуктов нами проведен мониторинг особенностей технологии промышленного производства айрана в ассортименте продукции на крупных торговых площадках города Нальчик в сравнении с предлагаемой национальной технологией приготовления айрана по следующему принципу: 1 образец – цельное молоко с использованием готовой закваски; 2 образец – цельное молоко с использованием молочного гриба; 3 образец – пастеризованное молоко торговой марки «Чабан» 2,5% с использованием молочного гриба.

Технология приготовления айрана для всех исследуемых образцов была одинаковая и состояла из следующих этапов:

1. В одинаковых температурных условиях для второго и третьего образцов начали процесс культивирования. Для этого в стаканах разместили по 5 г кефирных грибков, влили в каждый стакан 80 мл молока комнатной температуры и оставили на сутки, накрыв марлей (выше расписан принцип отбора образцов молока).

2. Далее образцы по очереди процедили через сито, переложили кефирные грибки в банку и добавили по 2 стакана исследуемого молока. Оставили на 18 часов.

3. Спустя сутки откинули грибки на сито и заметили, что зерна размножились: во втором образце – 12 г, в третьем – 9 г. Их залили 500 мл молока и дождалась полного

сбраживания, которое наступило: для 1-ого образца (с готовой закваской) через 18 часов, для 2-го – через 14 часов и для 3-го образца – через 16 часов, затем образцы убрали в холодильник для остановки процесса сбраживания. Результаты исследований фиксировали в журнале.

Результаты исследований. В табл. 1 представлен ассортимент айрана, поставляемый на торговые площадки города Нальчик.

Таблица 1. Характеристика айрана, реализуемого в г. Нальчике
 Table 1. Characteristics of ayran, implemented in c. Nalchik

№ п/п	Наименование и производитель	Сырье	Состав продукции	Нормативный документ	Энерг. ценность 100 г. продукта, кКал
1	«Адыгэ шху», ИП Бичоев А.А. г. Нальчик	молоко сборное	цельное молоко, обезжиренное молоко, закваска шху	ГОСТ 31702-2013	38
2	Кичмалкинские молочные продукты «Айран», ИП Кучменов М.М., с. Кичмалка	молоко сборное	цельное коровье молоко, натуральная закваска	ГОСТ 31702-2013	50
3	«Айран НУР», ИП Сарбашев Э.М. с. Верхняя Балкария	молоко сборное	цельное молоко, натуральная закваска	ГОСТ 31702-2013	48
4	«Айран» КФХ Беппаев Р.З., г. Нальчик	молоко сборное	цельное молоко, обезжиренное молоко, натуральная закваска	ГОСТ 31702-2013	28
5	Домашний айран «Биттуевский», ИП Кайчуева Р.Х, пос. Мирный	молоко сборное	цельное молоко, натуральная закваска	ГОСТ 31702-2013	51
6	Айран «Дадэ», ИП Кунижев Т.А., с. Шалушка	молоко сборное	цельное молоко, натуральная закваска	ГОСТ 31702-2013	50
7	Айран «Чабан», ООО «Нальчикский молочный комбинат», г. Нальчик	молоко сборное	молоко цельное, молоко обезжиренное с использованием закваски	ГОСТ 31702-2013	37
8	Айран «Отборный 4%», ООО «Хладокомбинат» г. Черкесск	молоко сборное	молоко цельное, молоко обезжиренное с использованием закваски	ГОСТ 31702-2013	27
9	Айран домашний «Дар с гор», КФХ Боттаев Ж.Х., г. Чегем	молоко сборное	цельное молоко, обезжиренное молоко, закваска айран	ГОСТ 32923-2014	38
10	Айран «Актив», ООО «Лесная сказка- центр», г. Переславль- Залесский	молоко сборное	восстановленное молоко с использованием бактериальной закваски, вода питьевая, поваренная соль	ТУ 10.51.52- 003-43563860- 2015	27
11	Айран «Станция молочная», ООО «Ростовский завод плавленных сыров», г. Ростов-на-Дону	молоко сборное	вода питьевая, молоко нормализованное, соль пищевая, закваска на чистых культурах молочнокислых микроорганизмов	СТО 48254939- 003-2008	16

По результатам опроса выявили, что все производители используют молоко сборное с разным содержанием жира и белка, а также натуральные готовые закваски (без определения

происхождения), в качестве закваски зачастую используют сам айран. На вопрос «Почему не используете молочный гриб в своих технологиях?» они отвечали, что не имеют представления о нем.

При соответствии всех представленных продуктов нормативным требованиям ГОСТ, СТО энергетическая ценность реализуемого продукта имеет серьезные колебания: от 51 кКал (домашний айран «Биттуевский») до 16 кКал (айран «Станция молочная»), что свидетельствует о соотношении удельного веса цельного молока и обезжиренного молока.

В соответствии с методикой исследования нами проведена сравнительная оценка органолептических и физико-химических свойств образцов айрана, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические и физико-химические показатели разных образцов айрана
Table 2. Organoleptic and physico-chemical parameters of ayran samples

Показатель	1 образец	2 образец	3 образец
Органолептические показатели			
Вкус и запах	Чистый, без посторонних привкуса и запаха	Приятно-кисловатый, чувствуется запах цельного молока	Кисломолочный, выраженный привкус пастеризации
Цвет	Молочно-белый	Светло-молочный равномерный	Белый равномерный
Консистенция	Однородная густая без отделения сыворотки	Однородная плотная, без отделения сыворотки, на поверхности имеется отстой жира	Сметанообразная с легким сгустком и пузырьками газа
Физико-химические показатели			
Содержание жира, %	3,4	3,8	2,5
Содержание белка, %	3,5	3,5	3,2
Кислотность молока, °Т	18	18	18
Кислотность айрана, °Т	136	135	138
Калорийность, кКал	76	79	48
Режим пастеризации, °С/мин.	80/1	80/1	80/1
Продолжительность сквашивания, ч.	18	14	16
Температура готового продукта, °С	4	4	4

По результатам органолептических и физико-химических исследований выявлено, что айран, полученный из цельного молока с использованием молочного гриба, имеет равномерный светло-молочный цвет, консистенцию плотную и на поверхности имеется

отстой жира. Айран, приготовленный с готовой закваской на цельном молоке, немного отличается густотой и жирностью. Айран из пастеризованного молока с добавлением молочного гриба имеет сметанообразную консистенцию с небольшими пузырьками газа. Содержание жира во втором образце составляет 3,8%, что на 0,4% больше содержания жира первого образца и на 1,3% – третьего. Разница в содержании белка незначительная (0,3%). В исследуемых образцах кислотность молока составила 18°Т, температура пастеризации – 80°С. Кислотность исследуемых образцов айрана составила во втором – 135°Т, что на одну долю меньше, чем в первом, и на 3 доли меньше, чем в третьем образце.

Энергетическая ценность исследуемых образцов неодинакова: 79 кКал – у айрана, приготовленного из цельного молока с грибом, что на 3кКал больше, чем у айрана, приготовленного с закваской и на 31 кКал больше, чем у 3-го образца. Так как суточная норма потребности в пищевых веществах разная и зависит от многих факторов, например, возраста или энергозатрат человека, то, учитывая спрос, энергетическую ценность можно регулировать составом исходного сырья за счет содержания жира.

Выводы. Сравнительная оценка производства айрана в хозяйствующих предприятиях разных форм собственности Кабардино-Балкарской Республики показала, что по органолептическим показателям все образцы имеют характерный для них цвет, вкус и запах. Отличается густотой айран, приготовленный с готовой закваской на цельном молоке. По результатам опроса выявили, что все производители используют молоко сборное с разным содержанием жира и белка, а также натуральные готовые закваски (айран).

При промышленной технологии производства айрана в качестве основной закваски используется молочный грибок горного происхождения. По физико-химическим показателям содержание жира в айране, приготовленном из цельного молока с использованием молочного грибка, составляет 3,8%. В айране, приготовленном из цельного молока с использованием готовой закваски, содержание жира на 0,4% меньше. Разница с образцом торговой марки «Чабан» (пастеризованное молоко с использованием молочного гриба) составила 1,3%. Что касается содержания белка в исследуемых образцах, то здесь изменения незначительные (0,3%).

Калорийность айрана, приготовленного из цельного молока с грибом, составила 79 кКал, что на 3 кКал больше, чем у айрана, приготовленного с закваской, и на 31 кКал больше, чем у 3-го образца.

Одним из важных показателей в промышленном производстве айрана является продолжительность сквашивания. По результатам исследований выявлено, что меньшей продолжительностью сквашивания отличается образец айрана из цельного молока с использованием молочного гриба – 14 часов, что соответственно меньше на 4 часа, чем в первом (цельное молоко с готовой закваской), и на 2 часа, чем в третьем (пастеризованное молоко торговой марки «Чабан») образцах. Уменьшение продолжительности сквашивания является экономически эффективным моментом в производстве.

Список источников литературы

1. Темирдашева, К.А. Факторы повышения продовольственной безопасности в молочном животноводстве (обзор) / К. А. Темирдашева, В. М. Гукеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). – С. 317–323. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-317-323>.
2. Рамонова, Э.В. Биотехнологические аспекты производства кисломолочного продукта с добавлением биологически активных природных компонентов растительного происхождения / Э. В. Рамонова, Б. Г. Цугкиев, Р. Г. Кабисов, // Перспективы развития АПК в современных условиях: Материалы 8-й Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 307–311.
3. Рамонова, Э.В. Использование функциональных ингредиентов при производстве кисломолочных продуктов / Э.В. Рамонова, Б. Г. Цугкиев, Р. Г. Кабисов, З. Л. Дзицоева // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Материалы всероссийской научно – практической конференции в честь 90-летия кафедр «Кормление, разведение и генетика сельскохозяйственных животных» и «Частная зоотехния» факультета технологического менеджмента. – Владикавказ, 2021. – С. 12–15.
4. Макарова, Н.В. Сублимация как способ сохранения жизнеспособности молочнокислых бактерий в кисломолочных напитках/ Н. В. Макарова, А. В. Лямин, Д. Ф. Игнатова, А. С. Данчева // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 2 (73). – С. 11–19.
5. Pourjafar H., Ayareh V., Karim G. et al. Effects of inulin and fat percentage on the viability of *Bifidobacterium lactis* Bd12 in chocolate milk // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2017. – Vol. 10. – P. 117–120.
6. Гетманец, В.Н. Приготовление кисломолочных напитков в домашних условиях / В. Н. Гетманец // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2018. – № 8. – 1 (40). – С. 5–9.
7. Павлушенко, Л.Е., Гутникова О.Н., Григоренко Т.В. Перспективы развития рынка национальных молочных продуктов Республики Крым: предпосылки, направления, маркеры // Региональная экономика. Юг России. 2019 – Т. 7, № 4. – С. 157–168. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.4.15>.
8. Абдимиталипов, И.А. Оценка показателей эффективности производства кисломолочных напитков / И. А. Абдимиталипов, И. А. Мазеева // Global and Regional Research. – 2021. – Т. 3. – № 2. – С. 25–31.
9. ГОСТ 31702-2013 Айран. Технические условия. URL: docs.cntd.ru/document/464675045 (от 15 апреля 2020 года).
10. Ганина, В.И. Закваски – важнейшие микроингредиенты для продуктов нового поколения / В. И. Ганина // Пищевые ингредиенты в продуктах питания: от науки к технологиям: Монография / Под редакцией В. А. Тутельяна, А. П. Нечаева, М. Г. Балыхина. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Москва: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет пищевых производств», 2021. – С. 432–449.

References

1. Temirdasheva, K.A. Factors of increasing food security in dairy farming (review)// K. A. Temirdasheva, V. M. Gukezhev // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2023. No. 1 (99). – pp. 317–323. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-317-323>.
2. Ramonova, E.V. Biotechnological aspects of the production of fermented milk product with the addition of biologically active natural components of plant origin / E. V. Ramonova, B. G. Tsugkiev, R. G. Kabisov, // Prospects for the development of agriculture in modern conditions: Materials of the 8th International Scientific and Practical Conference. – 2019. – pp. 307–311.
3. Ramonova, E.V. The use of functional ingredients in the production of fermented milk products / E. V. Ramonova, B. G. Tsugkiev, R. G. Kabisov, Z. L. Dzitsoeva // Innovative technologies of production and processing of agricultural products / Materials of the All-Russian scientific and practical conference in honor of the 90th anniversary of the departments "Feeding, breeding and genetics of farm animals" and "Private animal husbandry" of the Faculty of Technological Management. – Vladikavkaz, 2021 – pp. 12–15.

4. Makarova, N.V. Sublimation as a way to preserve the viability of lactic acid bacteria in fermented milk drinks/ Makarova N. V., Lyamin A.V., Ignatova D. F., Dancheva A. S.// Vestnik VSGUTU. 2019. No. 2 (73). pp. 11–19.
5. Pourjafar H., Ayareh V., Karim G. et al. Effects of inulin and fat percentage on the viability of Bifidobacterium lactis Bd12 in chocolate milk // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2017. – Vol. 10. – pp. 117–120.
6. Hetmanets, V.N. Preparation of fermented milk drinks at home / V. N. Getmanets // Actual scientific research in the modern world. – 2018 – № 8 – 1 (40). – pp. 5–9.
7. Pavlunencko, L.E., Gutnikova O.N., Grigorenko T.V. Prospects for the development of the market of national dairy products of the Republic of Crimea: prerequisites, directions, markers // Regional economy. South of Russia. 2019 – Vol. 7, No. 4. – pp. 157–168. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.4.15>
8. Abdimalipov, I.A. Evaluation of the efficiency indicators of the production of fermented milk drinks / I. A. Abdimalipov, I.A., Mazeeva // Global and Regional Research. 2021. Vol. 3. No. 2. pp. 25–31.
9. GOST 31702 – 2013 Ayran. Technical conditions. URL: docs.cntd.ru"document/464675045 (dated April 15, 2020).
10. Ganina, V.I. Starter cultures – the most important micro-ingredients for new generation products / V. I. Ganina // Food ingredients in food: from science to technology: Monograph / Edited by V. A. Tutelyan, A. P. Nechaev, M. G. Balykhin. – 2nd edition, revised and expanded. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State University of Food Production", 2021. – pp. 432–449.

Сведения об авторах

Карина Альбертовна Темирдашева – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза» факультета «Ветеринарная медицина и биотехнология» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, проспект Ленина, 1 «в». E-mail: karinaabazova@mail.ru; spin-код: 5585-0715.

Владимир Мицахович Гукезев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор зав. отделом животноводства Института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук». 360024, Россия, КБР, г. Нальчик, ул. Кирова, 224. E-mail: kbniish2007@yandex.ru; spin-код: 7108-7377.

Залина Леонидовна Эльжиорова – кандидат сельскохозяйственных наук, докторант кафедры «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза» факультета «Ветеринарная медицина и биотехнология» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова». 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, проспект Ленина, 1 «в». E-mail: zalinae0585@gmail.com; spin-код: 2302-9484.

Information about the authors

Karina Albertovna Temirdasheva – candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise of the Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology FGBOU WAUGH "The Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov". 360030, Russia, KBR, Nalchik, Lenin Ave, 1 "in". E-mail: karinaabazova@mail.ru; spin-code: 5585-0715.

Vladimir Mitsakhovich Gukezhev – is a doctor of agricultural sciences, professor head of the Department of Animal husbandry, Institute of Agriculture – branch of FSBSI «Federal Scientific Centre «Kabardino-Balkarian Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences». 360004, Russia, KBR, Nalchik, 224 Kirov str. E-mail: kbniish2007@yandex.ru; spin-code: 7108-7377.

Zalina Leonidovna Elzhirova – Candidate of Agricultural Sciences, doctoral student of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise of the Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 360030, Russia, KBR, Nalchik, Lenin Avenue, 1 «v». E-mail: zalinae0585@gmail.com; spin-code: 2302-9484

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 13.03.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 13.03.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 636.064.6

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-74-86

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА ОСНОВНЫХ ТКАНЕЙ ТУШ СИММЕНТАЛЬСКИХ БЫЧКОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

Юлия Васильевна Шошина¹, Иван Петрович Прохоров², Вадим Сергеевич Грачев³

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; e-mail: yd1983@yandex.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

²МСХА имени К.А. Тимирязева. г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49, 127550, Россия; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X>

³Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; e-mail: grachev_vadim@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0001-8377-4201>

Реферат. Цель исследования – установить особенности роста мышечной, костной и жировой тканей в тушах симментальских бычков, выращиваемых по разным технологиям. Актуальность исследования определяется поиском путей увеличения резервов производства говядины. Один из таких путей – исследование эффективности откорма молодняка при разных способах содержания.

В эксперименте участвовали 3 группы бычков по 17 голов, составленные по принципу пар-аналогов, от рождения до 18 мес. Животные первой группы (контроль) содержались в стойлах, до 7 мес. – в группах, затем на привязи. Бычки 2 и 3 групп содержались с матерями, а после отъема в 7 мес. животных 2 группы содержали на привязи, 3 группы – беспривязным способом. Учитывали количество потребленного корма и его питательность. Животных регулярно взвешивали и определяли стандартные характеристики онтогенеза. После убоя определяли морфологический состав туш, а также показатели роста основных тканей в различные возрастные периоды. В результате эксперимента установлено, что бычки контрольной группы проявили наилучшие результаты. У животных 2 и 3 опытных групп вначале наблюдались высокие приросты живой массы, в 6 мес. они превосходили

контрольных сверстников на 38,7 и 39,3%, соответственно. Однако после этого бычки обеих опытных групп были подвержены отъемному стрессу, что сказалось на снижении интенсивности роста. Кроме того, содержание представителей 3 группы беспривязным способом также несколько снизило результаты. В итоге они уступали контрольным животным в возрасте 12, 15 и 18 мес. по массе мышечной ткани на 4,65, 7,97 и 8,76% соответственно. Аналогичная разница отмечена в ходе исследований и по массе липидов. Наименьшие различия у животных всех трех групп выявлены по росту костной ткани. На основании опыта рекомендуется выращивание откармливаемых бычков стойловым способом, поскольку он дает максимальные результаты.

Ключевые слова: *рост, бычки, технологии выращивания бычков, онтогенез, среднесуточные приросты, мышечная ткань, отъемный стресс*

Цитирование. Шошина, Ю.В., Прохоров, И.П., Грачев, В.С. Сравнительная характеристика роста основных тканей туш симментальских бычков при разных технологиях выращивания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71) – С. 74-86. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-74-86

COMPARATIVE GROWTH CHARACTERISTICS OF THE MAIN CARCASS TISSUES OF SIMMENTAL STEERS WITH DIFFERENT BREEDING TECHNOLOGIES

Yulia V. Shoshina¹, Ivan P. Prokhorov², Vadim S. Grachev³

¹Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; e-mail: yd1983@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9801-8879>

²MSHA named after K.A. Timiryazev. Moscow, Timiryazevskaya Str., 49, 127550, Russia; e-mail: iprohorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-39-47-468X>

³Sankt-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; e-mail: grachev_vadim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8377-4201>

Abstract. The aim of the study is to establish the peculiarities of growth of muscle, bone and fat tissues in carcasses of Simmental steers bred according to different technologies. The relevance of the research is determined by the search for ways to increase the reserves of beef production. One of these ways is to study the effectiveness of fattening of young animals with different methods of housing.

There were involved in the experiment 3 groups of steers, 17 heads each, made up on the principle of paired peers, from birth to 18 months. The animals of the first group (control) were kept in stables until 7 months of age. – Groups were kept in stalls until 7 months of age, then kept on a tether. Bulls of groups 2 and 3 were kept with their mothers, and after weaning at 7 months of age group 2 were kept on a leash, group 3 – untethered. The amount of feed consumed and its nutritional value were recorded. The animals were weighed regularly and standard characteristics of ontogeny were determined. After slaughtering, the morphological composition of the carcasses was determined, as well as the growth rate of the main tissues at different ages. As a result of the experiment, it was found that steers of the control group showed the best results. The animals of the 2nd and 3rd

experimental groups showed high growth of live weight at the beginning; at 6 months they surpassed their control counterparts by 38,7 and 39,3%, respectively. However, after that, steers of both experimental groups were subjected to weaning stress, which had an impact on the intensity of growth. In addition, holding group 3 steers in a loose-housed way also slightly reduced the results. As a result, they were 4,65, 7,97 and 8,76% less muscular tissue mass than the control animals at 12, 15 and 18 months of age, respectively. A similar difference was observed in the studies for lipid mass. The smallest differences in all three groups were found in bone tissue growth. Based on the experience, it is recommended that fattened steers should be reared using the stall method, as it gives the best results.

Keywords: *growth, bulls, technologies for growing bulls, ontogeny, average daily gains, muscle tissue, weaning stress*

Citation. Shoshina Yu.V., Prokhorov I.P., Grachev V.S. “Comparative growth characteristics of the main carcass tissues of Simmental steers with different breeding technologies” // *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. – 2023. – № 2 (71). – P. 74-86/ doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-74-86

Введение. Известно, что рост и развитие животных характеризуются такими понятиями, как ритмичность, периодичность и неравномерность. На ранних этапах роста и развития максимальная интенсивность онтогенеза характерна для нервной ткани, а после чего повышаются темпы роста таких тканей, как костная, мышечная и жировая [1]. Исследованиями многих авторов показано, что рост большинства тканей и частей тела животных направлен от головы, хвоста и дистальных отделов конечностей вдоль туловища к верхней части тела.

Также отмечается, что гетерогенность онтогенеза свойственна отдельным костям и мускулам каждой из перечисленных тканей. Так, относительно высокий удельный вес костяка конечностей (особенно их дистальных отделов) у новорожденных бычков косвенно свидетельствует о более интенсивном их росте в утробный период онтогенеза, о зрелости и способности выполнять свойственную им функцию сразу после рождения [2]. В исследованиях многих авторов показано, что интенсивность роста мускулатуры вентрального отдела у бычков в постнатальном онтогенезе существенно превышает таковую мышечной составляющей других отделов [3, 4].

Цель исследования – определение зависимости роста и развития мышечной, костной и жировой тканей туш симментальских бычков от различных систем содержания животных.

Материалы, методы и объекты исследований. Научно-хозяйственный опыт, в котором изучались онтогенез и мясная продуктивность бычков симментальской породы, проводился в Тульском НИИСХ Россельхозакадемии с марта 2017 г. по сентябрь 2018 г. Для проведения исследований мы отобрали и сформировали 3 группы бычков по 17 голов. Группы формировались по принципу пар-аналогов с учетом происхождения, возраста и живой массы при рождении подопытного поголовья. Опыт продолжался от рождения бычков до возраста 18 мес.

Первая группа бычков была контрольной. Эти животные содержались в стойлах: до 7 мес. – группами, после этого на привязи. Животные во второй и третьей опытных группах выращивались от рождения до отъема в возрасте 7 мес. по традиционной технологии мясного скотоводства. Их содержали в стойлах до середины мая, после до октября они находились на пастбище с матерями. Бычков второй группы переводили на привязь, а их сверстников из третьей группы – на беспривязное содержание после отъема от матерей. Животные всех групп с возраста 7 мес. кормились интенсивно. Их откорм был нацелен на получение среднесуточных приростов 1000–1100 г и достижение живой массы 550–600 кг. к 18-месячному возрасту. Учет количества потребленного корма проводился каждые 10 дней путем взвешивания заданных кормов и их остатков. 1 раз в месяц за 2 смежных дня проводили определение количества потребленного молока путем взвешивания до и после кормления по 6 бычков из второй и третьей опытных групп. В этих же двух группах проводили учет потребления пастбищной травы при скармливании травостоя покусным методом с применением электроизгороди. Оценка общей питательности потребленных кормов в первой группе показала 4608,7 ЭКЕ и 286,21 кг переваримого протеина, а во второй и третьей группах – соответственно 4635,9; 4647,6 ЭКЕ и 311,14; 311,92 кг переваримого протеина. В каждой группе, соответственно, приходилось 62,1; 67,1 и 67,1 г переваримого протеина на 1 ЭКЕ.

Бычков каждой из трех групп ежемесячно взвешивали. По полученным данным были определены абсолютный, среднесуточный, относительный приросты, а также коэффициент роста.

Для изучения особенностей формирования мясной продуктивности животных указанных групп проводились контрольные убои бычков в различные возрастные периоды. Один бычок был убит в хозяйстве при рождении для того, чтобы получить исходные данные. Все дальнейшие контрольные убои проводились на Тульском мясокомбинате. По 3 бычка из каждой группы убивалось в возрасте 6, 12 и 15 мес., в конце опытного периода было убито по 5 животных. Была определена предубойная масса бычков, масса парной и охлажденной туш, а также внутреннего жира. Оценивалась степень отложения подкожного жира и морфологический состав туш у данных животных. Также были изучены характер и интенсивность онтогенеза основных тканей туш.

Для того чтобы определить закономерности возрастных изменений массы мускулатуры, производили послойное препарирование и определение массы с точностью до 1 г каждого мускула левой полутуши. По данным показателям высчитывали среднюю арифметическую для каждой группы животных, основываясь на абсолютных данных о массе мышц, также была рассчитана относительная масса мышц (в процентах ко всей массе исследованной мускулатуры). В процессе препарирования мускулатуры были тщательно отделены подкожная и межмышечная жировая ткань и определялась их масса. Кости перед взвешиванием тщательно очищали. Жировые ткани и кости взвешивали с точностью до 1 г. Закономерности возрастных изменений массы мускулатуры оценивали по разности между взвешиваниями одних и тех же мышц у животных, убитых в разное время.

Результаты исследований. Бычки второй и третьей групп выращивались интенсивно по технологии мясного скотоводства, что обеспечило высокую скорость их роста. К 6-месячному возрасту они достигли массы 254,6±2,8 кг и 253,4±2,7 кг, по группам соответственно, что на 27,4 и 26,8% ($P < 0,001$) больше, чем у контрольной группы. Следует,

однако, отметить, что интенсивность роста бычков опытных групп после отъема их от матерей в возрасте 7 мес. значительно снизилась. Вследствие этого разница по живой массе между годовалыми бычками второй и первой групп уменьшилась и составила 5,1 кг, или 1,2% в пользу первых. Поскольку животные указанных групп и далее находились в одинаковых условиях кормления и содержания, в возрасте 15 и 18 мес. они почти не отличались друг от друга по основным характеристикам. Живая масса бычков в возрасте 15 мес. составила по группам $508,8 \pm 6,7$; $503,6 \pm 6,3$; $482,1 \pm 6,5$ кг, а в конце опытного периода – $588,7 \pm 8,1$; $578,9 \pm 6,8$; $553,6 \pm 7,5$ кг.

Значительное снижение интенсивности роста бычков третьей группы обусловлено сочетанием стресса при отъеме и условий беспривязного содержания. Различия в живой массе между бычками в 15 мес. у третьей группы, с одной стороны, и сверстниками первой и второй группы, с другой, составили соответственно 26,7 ($P < 0,01$) и 21,5 кг, а в конце опытного периода 35,1 ($P < 0,01$) и 25,3 кг.

Масса парных туш бычков второй и третьей опытных групп при убое их в возрасте 6 мес. составила $136,3 \pm 1,98$ и $135,8 \pm 2,21$ кг, что превосходило на 30,2 и 30,7 кг, или на 28,6 и 29,1% ($P < 0,001$) массу их сверстников из контрольной группы.

Масса парных туш бычков в 12 мес. у первой группы составила $224,8 \pm 2,32$ кг, а сверстников второй и третьей групп $227,9 \pm 2,67$ и $216,1 \pm 2,41$ кг. В возрасте 15 мес. масса туш бычков по группам в порядке возрастания их номеров составила $276,5 \pm 2,54$; $272,4 \pm 2,46$ и $257,6 \pm 2,93$ кг, а в конце опытного периода – $319,5 \pm 3,22$; $312,6 \pm 2,74$ и $294,9 \pm 3,17$ кг.

Многими исследованиями установлено, что наиболее важную роль в формировании размеров тела животного играет развитие скелета. Размеры скелета определяются в основном промерами высоты в холке, косой длины туловища и ширины тела животного. В свете сказанного, изучая рост и развитие животных, большое значение придают развитию скелета, так как он является важнейшим морфологическим показателем, который влияет на экстерьер животного, тип конституции, которые тесно связаны с его продуктивностью.

При изучении особенностей и интенсивности роста скелета бычков сравниваемых групп нами установлено, что абсолютная масса скелета исследуемых туш увеличивалась, а относительная масса снижалась. Так, если масса скелета у туш новорожденных бычков составила 7,27 кг, то в возрасте 6 и 12 мес. она возросла по группам соответственно до $26,47 \pm 0,48$; $27,83 \pm 0,54$; $27,76 \pm 0,58$ и $45,76 \pm 0,56$; $46,24 \pm 0,78$; $45,67 \pm 0,63$ кг, а в конце опытного периода – до $54,15 \pm 0,72$; $53,18 \pm 0,69$; $51,83 \pm 0,76$ кг. Межгрупповые различия по абсолютной массе скелета туш бычков во все возрастные периоды были незначительны.

Относительная масса костяка туш у новорожденных бычков была максимальной и составила 33,16%. По мере роста и развития животных величина указанного показателя закономерно снижалась и в возрасте 6 и 12 мес. составила в среднем 20,54–25,33 и 20,53–21,36%, а в конце опытного периода 17,12–17,74%.

При определении абсолютной скорости роста костной системы туш установлено, что наибольшая величина этого показателя была в первые 12 мес. жизни (рис. 1).

Так, среднесуточные приросты скелета с рождения и до 6 мес. составили 105–113 г, а с 6 до 12 месяцев 98–106 г. Очевидно, это объясняется тем, что этот период совпал с периодом становления и созревания половой функции бычков, а следовательно, с постепенным повышением концентрации андрогенов в их крови.

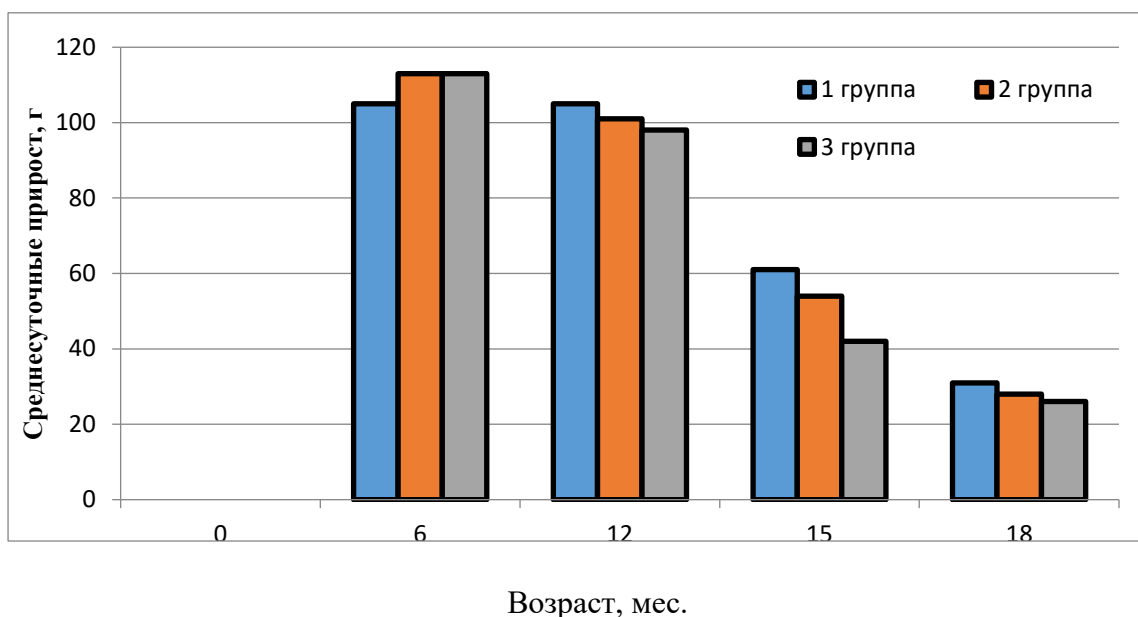


Рисунок 1. Среднесуточные приросты скелета туш подопытных бычков
Figure 1. Average daily increments of the skeleton of the carcasses of experimental bulls

Как известно, малые дозы тестостерона стимулируют соматотропную функцию гипофиза [5]. В связи с этим следует отметить, что у растущих животных определяющая роль в формировании общих размеров туловища отводится росту скелета, который, в свою очередь, определяется функциональной активностью соматотропной функции гипофиза. Соматотропину принадлежит особое место в управлении ростовыми процессами костной ткани, поскольку в организме молодых животных наиболее чувствительна к воздействию этого гормона хрящевая ткань, расположенная в эпифизе трубчатых костей. Именно увеличение количества хрящевой ткани, обусловленное действием СТГ, обеспечивает рост скелета в длину и высоту, а следовательно, увеличение размеров и величины животного.

Если малые дозы андрогенов способствуют повышению секреции соматотропина, то повышенная концентрация их в крови ингибирует соматотропную функцию гипофиза и способствует закрытию хрящевых зон костей. Исходя из этого положения, можно предположить, что снижение среднесуточных приростов скелета туш бычков в возрасте 15 и 18 месяцев соответственно до 42–52 и 26–31 г является следствием влияния относительно низкого уровня гормона, обусловленного усилением андрогенной функции половых желез.

На интенсивность роста костяка туш животных сравниваемых групп в течение опытного периода последовательно оказывали влияние следующие факторы: выращивание бычков в первые полгода жизни в условиях стойлового содержания по технологии мясного скотоводства; отъем бычков опытных групп от матерей; откорм бычков в условиях привязного, а также беспривязного содержания. Об этом можно судить по возрастным изменениям среднесуточных приростов и коэффициентов роста скелета. Так, среднесуточные приросты скелета туш бычков 2 и 3 групп в возрасте 6 мес. составили по 113 г, что на 7,6% выше, чем у представителей контрольной группы. Влияние стресса при отъеме сказалось на снижении абсолютной скорости роста костяка туш бычков 2 и 3 групп в годовалом возрасте соответственно до 101 и 98 г, в то время как величина этого показателя у бычков 1 группы находилась на уровне 106. В условиях беспривязного содержания среднесуточные приросты

скелета туш бычков 3 группы в возрасте 15 и 18 мес. составили соответственно 42 и 26 г, а в контрольной группе – 61 и 31 г.

Кратность увеличения массы скелета туш бычков 1 группы в возрасте 6 мес. составила 3,64, а во 2 и 3 группах – по 3,82, в годовалом возрасте этот показатель увеличился и составил по группам 6,29; 6,36; 6,28, а в конце опыта – 7,45; 7,31; 7,13 соответственно.

Качество мяса в значительной мере определяется степенью развитости мышечной ткани и ее количеством в составе туши. Поскольку в мускулатуре туш локализовано значительное количество жира, массу обезжиренной мышечной ткани мы определяли по разнице между массой мускулатуры и массой внутримышечного жира (табл. 1).

Таблица 1. **Возрастные изменения массы мышечной ткани туш бычков (г)**
 Table 1. **Age-related changes in the mass of muscle tissue of carcasses of bulls (g)**

Возраст, мес.	Группа		
	1	2	3
При рождении	13314	13314	13314
6	70454±1097	97729±1168***	98113±1176***
12	150257±1623	153398±1719	143576±1473*
15	185418±1846	182183±1805	171732±1687**
18	211737±2076	206687±1978	194683±1742**

Примечание: * P<0,5; ** P<0,01; *** P<0,001

У бычков 2 и 3 опытных групп при выращивании их по традиционной технологии мясного скотоводства более интенсивно росла мышечная ткань, ее масса в возрасте 6 мес. составила соответственно 97729 и 98113 г, что на 38,7 и 39,3% (P<0,001) больше, чем у сверстников контрольной группы. Отлучение бычков от матерей привело к значительному снижению интенсивности роста мышечной ткани туш, вследствие чего разница в величине этого показателя между бычками 1 и 2 групп в возрасте 12 мес. уменьшилась до 3141 г, или до 2,1% в пользу последних. Бычки 3 группы в возрасте 12 мес. имели меньшую, по сравнению со сверстниками 1 и 2 групп, абсолютную массу мышечного компонента туш соответственно на 4,65 и 6,84%, а в возрасте 15 мес. – на 8,76 и 6,16%. Относительно низкая величина мышечной ткани туш бычков 3 группы в указанные возрастные периоды, по-видимому, объясняется не только влиянием стресса при отъеме, но и условиями беспривязного содержания.

В конце опытного периода масса мышечной ткани туш у бычков (первой, второй и третьей группы) составила соответственно 211737, 206687 и 194683 г.

В результате изучения влияния различных систем содержания на рост и развитие бычков сравниваемых групп мы установили существенные различия в интенсивности роста мышечной ткани их туш (рис. 2).

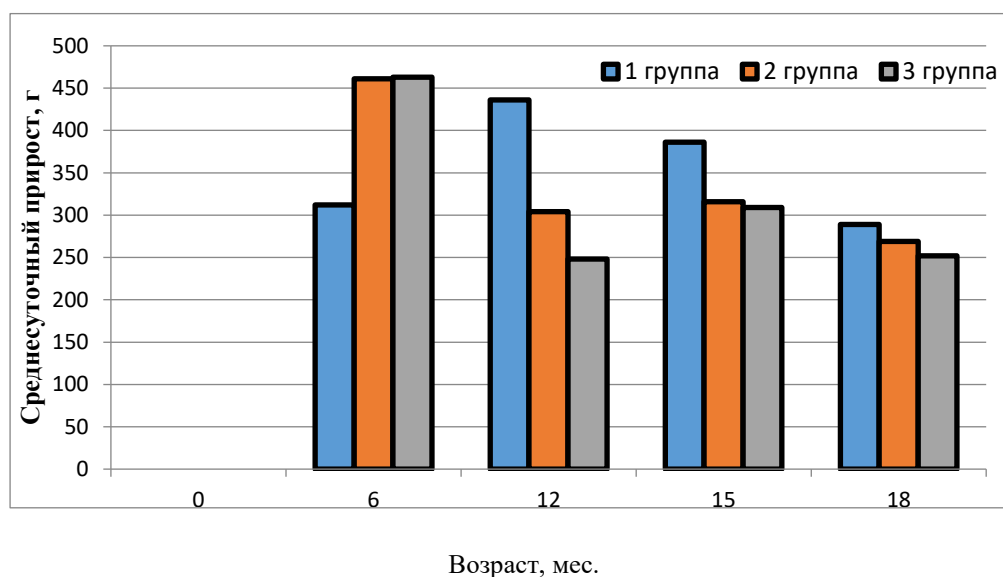


Рисунок 2. Среднесуточные приросты мышечной ткани туш подопытных бычков
Figure 2. Average daily gains in muscle tissue of carcasses of experimental bulls

Из приведенных данных видно, что абсолютная скорость роста мышечной ткани туш годовалых бычков контрольной группы при сравнении ее с показателями в возрасте 6 мес. возросла на 39,7%. Наиболее интенсивный рост мышечной ткани туш бычков в период от 6 до 12 мес. совпал со временем становления половой функции. При исследовании влияния андрогенов на рост мускулатур необходимо отметить, что тестостерон и его производные обладают сильным анаболическим эффектом, но главное влияние андрогенов на ростовые процессы данного компонента туш происходило посредством стимуляции соматотропной функции гипофиза. В последующем этот показатель уменьшился и в возрасте 15 и 18 мес. составил 386 и 289 г соответственно.

Максимальные среднесуточные приросты мышечной ткани туш (461–463 г) бычков опытных групп, в отличие от данного показателя у сверстников 1 группы, установлены в период их выращивания по технологии мясного скотоводства. Ранее нами было отмечено, что уровень кормления бычков в указанный период был достаточно высокий. В позднейшие возрастные периоды у животных этих групп отмечено значительное снижение интенсивности роста данного компонента туш. Так, величина этого показателя у годовалых бычков 2 и 3 групп по сравнению с таковой в возрасте 6 мес. снизилась соответственно на 51,6 и 86,7%, что очевидно объясняется влиянием стресса при отъеме и условиями привязного и беспривязного содержания. В результате адаптации животных этих групп к новым условиям кормления и содержания в последующие 3 мес. нами установлено увеличение абсолютной скорости роста мускулатуры во 2-ой группе до 316 г, а в 3-ей – до 309 г. Бычки контрольной группы в возрасте 15 мес. превосходили сверстников 2 и 3 опытных групп по уровню среднесуточных приростов соответственно на 22,1 и 24,9%. Существенное падение интенсивности роста мышечной ткани туш у бычков всех групп в конце опытного периода, по-видимому, можно объяснить изменением типа обмена веществ, при котором увеличилось жиросотложение.

Известно, что качество мяса во многом зависит от количества накопленного жира и характера его распределения в тушах животных [6, 7, 8]. Более того, количество жира у бычков

на откорме до настоящего времени является критерием дифференциации их туш по качеству и распределения по классам товарности [1].

Считается, что основная биологическая функция жировой ткани заключается в синтезе, накоплении и хранении значительных резервов энергии в форме триглицеридов. Однако из этого не следует, что жировая ткань статична и инертна, ибо, являясь важным фактором поддержания энергетического баланса организма, она принимает активное участие в обмене веществ [9].

По мнению ряда исследователей [10, 11], в жировой ткани секретируются лептин, интерлейкин-6 и др. цитокины, оказывающие значительное влияние на обмен энергии. Так, лептин, воздействуя на специфические рецепторы гипоталамуса, управляет пищевым поведением и энергетическим балансом, следовательно, влияет на массу тела. Помимо этого, лептин обладает способностью взаимодействовать с нервной, нейроэндокринной, иммунной и др. системами. Установлено, что функция лептина в регуляции энергетического баланса направлена скорее на предотвращение снижения энергетических запасов в организме, нежели на их увеличение.

При проведении морфологических исследований туш новорожденных бычков нами были установлены лишь следы подкожного и межмышечного жира серо-бурого цвета. Суммарная их масса была незначительна (234 г). Из этого следует, что к моменту рождения телят существенная часть липидов их туш (56,72%) находится в мускулатуре. Бычки опытных групп в первые 6 мес. жизни отличались более интенсивным накоплением жира в тушах. Так, суммарная масса липидов жировых депо туш полугодовалых бычков 2 и 3 групп составила 5221 и 5067 г соответственно. По величине этого показателя они превосходили животных контрольной группы на 51,9-47,47%.

В результате воздействия стресс- фактора после отъема бычков 3 группы и их перевода на беспривязное содержание степень накопления жира в их тушах существенно снизилась. Так, у бычков контрольной группы в возрасте 12, 15 и 18 мес. общая масса липидов в тушах составила соответственно 18363, 29222 и 42053 г, и они по величине указанного показателя превосходили сверстников 3 группы на 2279, 3254 и 4304 г, или 14,17; 12,53 и 11,40%. В то же время различия в массе липидов жировых депо туш между бычками 1 и 2 групп в указанные возрастные периоды были незначительны и находились в пределах 0,48-2,87 %.

В конце опытного периода итоговая масса жировых депо в тушах бычков сравниваемых 1, 2 и 3 групп составила 42053, 41092 и 37749 г.

Результаты определения интенсивности накопления липидов показали, что абсолютная скорость роста суммарной массы жировых депо туш бычков контрольной группы с рождения до 6-месячного возраста составила 21 г, что соответственно на 47,62 и 42,86% меньше, чем у сверстников 2 и 3 опытных групп.

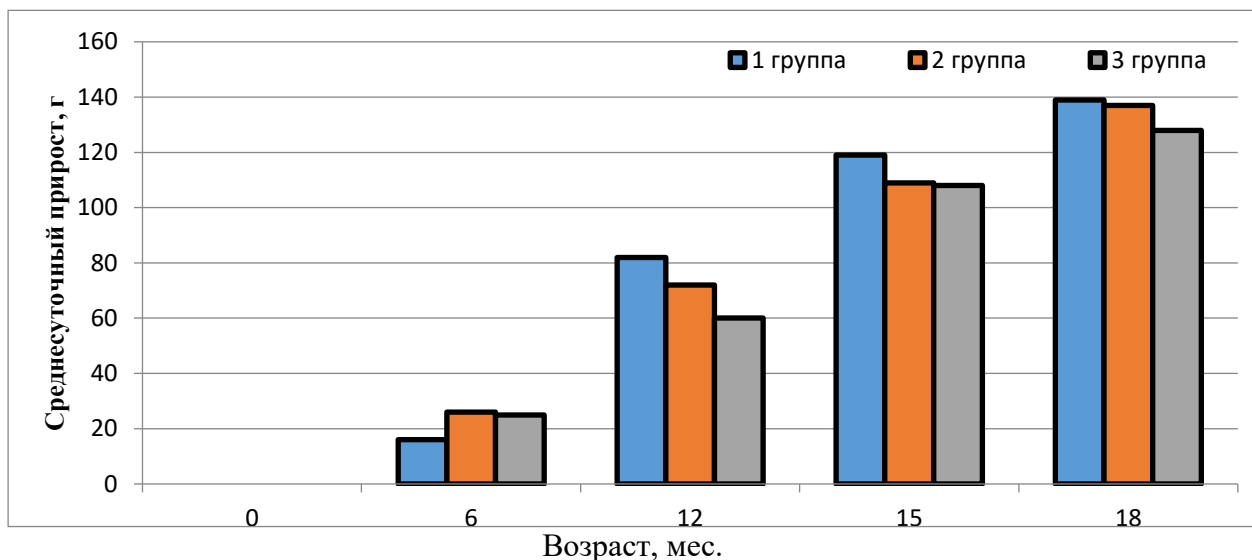


Рисунок 3. Среднесуточные приросты липидов жировых депо туш симментальских бычков
Figure 3. Average daily increases in lipids of fat depots of carcasses of Simmental bulls

Однако в последующие возрастные периоды интенсивность накопления жира в тушах контрольных бычков превышала таковую у сверстников двух других групп. Так, бычки контрольной группы в возрасте 12 мес. превосходили сверстников двух других групп по уровню среднесуточных приростов липидов в жировых депо туш соответственно на 13,9 и 36,67%, а в возрасте 15 мес. – на 9,17 и 10,18%. В конце опытного периода величина этого показателя стала практически одинаковой и составила по группам 139, 137 и 128 г.

Абсолютная скорость роста, как известно, не может характеризовать интенсивность роста мускулатуры, скелета и жировых депо, поскольку указанные ткани имеют существенные различия в начальной массе. Так, масса мускулатуры в тушах новорожденных бычков практически в 2 раза превышает таковую скелета, а суммарную массу жировых депо – в 57,7 раза. При такой разности в массе между этими тканями абсолютная скорость роста мышечной части туш будет значительно выше таковой костяка и жировой ткани. В то же время интенсивность роста жировых депо туш существенно превышает таковую мышечной и костной тканей. Так, если кратность увеличения мышечной ткани бычков контрольной группы за период опыта составила лишь 16,04, то величина этого показателя у жировых депо – 99,18. В связи с этим для более объективной оценки интенсивности роста основных тканей в тушах мы определяли коэффициенты напряженности роста (относительного прироста), поскольку на разных этапах онтогенеза по величине этого показателя можно судить о напряженности ростовых процессов в каждой ткани независимо от ее начальной массы (рис. 4).

Поскольку характер и интенсивность роста указанных тканей у бычков трех групп были идентичными, для определения напряженности их роста мы использовали данные морфологических исследований туш бычков контрольной группы, которые в течение

опытного периода находились в условиях стойлового содержания и не подвергались стрессу при отъеме от матерей.

Из данных рис. 4 видно, что коэффициенты напряженности роста мускулатуры и скелета туш бычков от рождения до 6-месячного возраста составили соответственно 136,3 и 113,6%. В дальнейшие возрастные периоды напряженность процессов роста указанных компонентов туш постепенно снижалась, и величины этого показателя в конце опытного периода составили соответственно 13,4 и 5,3%. О существенном снижении интенсивности роста скелета туш с возрастом бычков свидетельствует тот факт, что относительный прирост этого компонента туш у бычков в возрасте 15 и 18 мес. практически в 2 раза ниже такового мускулатуры.

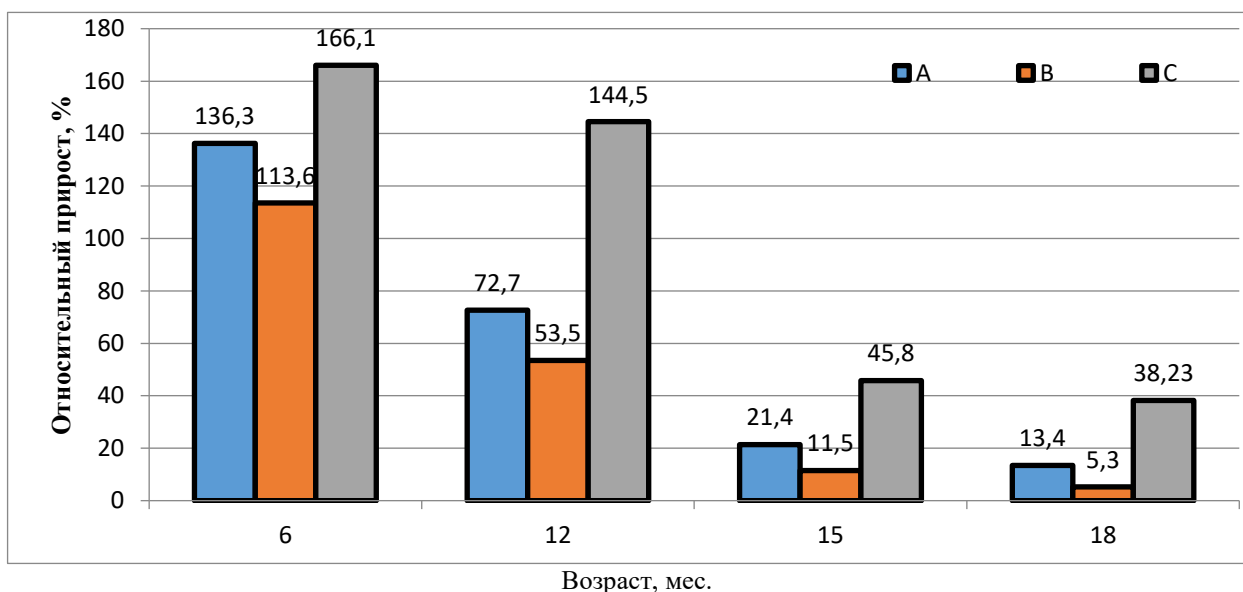


Рисунок 4. Относительный прирост мускулатуры (А), скелета (В), жировых депо (С) туш бычков 1 группы
Figure 4. Relative increase in musculature (A), skeleton (B), fat depots (C) carcasses of bulls of group 1

В то же время относительный прирост общей массы жировых депо туш в течение всего опытного периода был значительно выше такового мышечной и костной тканей туш. Об интенсивности липидного обмена и усилении накопления этого компонента туш говорят высокие значения относительного прироста жировых депо. Так, величина данного показателя у бычков в возрасте 6, 12 и 18 мес. составила соответственно 166,1; 144,5 и 38,2%.

Выводы:

1. Абсолютная масса мышечной ткани туш бычков 2-ой и 3-ей опытных групп в возрасте 6 месяцев достигла массы соответственно 977299 и 98113 г, что на 38,7 и 39,3% ($P < 0,001$) больше, чем у сверстников контрольной группы.

2. При отлучении бычков 3-ей группы от матерей и переводе их на беспривязное содержание установлено снижение интенсивности роста мышечной ткани. Различия в массе мышечной ткани между бычками 1 и 3 группы в возрасте 12, 15 и 18 месяцев составили соответственно 6681, 13686 и 23054 г, или 4,65; 7,97 и 8,76% в пользу первых.

3. Выращивание бычков опытных групп по технологии мясного скотоводства способствовало интенсификации накопления липидов в жировых депо. Бычки 2-ой и 3-ей

групп в возрасте 6 месяцев превосходили сверстников контрольной группы по суммарной массе жира туш соответственно на 52,55 и – 47,46%.

4. Сочетанное влияние отъемного стресса и условий беспривязного содержания выразилось в снижении интенсивности накопления жира. Бычки 3-ей группы в возрасте 12, 15 и 18 месяцев уступали контрольным животным по суммарной массе липидов жировых депо туш соответственно на 14,17; 12,53 и 11,40%.

5. Влияние отъемного стресса и условий различных систем содержания на массу скелета туш бычков было малозначимо.

Список источников литературы

1. Кулинцев, В.В., Шевхужев, А.Ф., Дорохин, Н.А. Рост отдельных органов и тканей у бычков симментальской породы при различных уровнях кормления // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2022. – № 4 (15). – С. 90–100.
2. Скоркин, В.К., Тихомиров, И.А., Карпов, В.П. Технологические факторы повышения производства говядины при разведении симментальского скота. // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2019. – № 4 (36). – С. 185–188.
3. Кулинцев, В.В., Шевхужев, А.Ф., Дорохин, Н.А. Эффективность выращивания и откорма молодняка симментальской породы при разных технологиях содержания и кормления. // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2022. – № 3 (15). – С. 96–111.
4. Сударев, Н.П. Мясное скотоводство в Российской Федерации и перспективы его развития Н.П. Сударев, Д. Абылкасымов, Т. Н. Щукина // *Зоотехния*. – 2018. – № 2. – С. 24–25.
5. Шевхужев, А.Ф., Улимбашев, М.Б., Виноградова, Н.Д., Эльжирокова, З.Л. Эффективность производства говядины при различных технологиях выращивания симментальского скота: монография. – СПб: СПбГАУ. – 2019. – 165 с.
6. Лукьянов, В.Н., Эртуев, М.М., Прохоров, И.П. и др. Особенности роста и развития скелета туш черно – пестрых и помесных бычков в зависимости от уровня кормления // *Russian journal Of Agricultural and Socioeconomic Sciences*. – 2017 – № 4 (64). – С. 248–256.
7. Прохоров, И.П., Пикуль, А.Н., Лукьянов, В.Н., Калмыкова, О.А. Особенности роста и развития скелета у симментальских и помесных бычков в онтогенезе // *Главный зоотехник*. – М.; 2021. – № 9.
8. Улимбашева, Р.А., Юлдашбаев, Ю.А. Качественная характеристика говядины бычков мясного и комбинированного направлений продуктивности // *Аграрная Россия*. – 2020. – №8. – С. 9–13.
9. Кизаев, М.А., Ажмулдинов, Е.А., Титов, М.Г. Продуктивные качества бычков различных генотипов при промышленной технологии производства говядины. // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 2 (50). – С. 78–81.
10. Левина, Г.Н., Назаренко, А.И., Хромова, Л.Г., Тихонов, К.Е. Факторы, влияющие на сохранность молодняка симментальской породы от рождения до переходного периода. – *Международная научно – практическая конференция «АГРОСМАРТ – 2018»*. – Тюмень; Atlantic Press. – 2018. – С. 338–343.
11. Prokhorov, I.P. Characteristics of growth and development of the skeleton carcasses of calves of Black – motley breed and its hybrids with Aberdeen-Angus and Charolais / I. P. Prokhorov, A. N. Pikul // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. – 2017. – Т. 70. – № 10. – pp. 312–318.

References

1. Kulintsev, V.V., Shevkhuzhev, A.F., Dorokhin, N.A. (2022), Growth of individual organs and tissues in bulls of the Simmental breed at different feeding levels // *Agricultural Journal*, no. 4 (15). pp. 90–100.
2. Skorkin, V.K., Tikhomirov, I.A., Karpov, V.P. (2019), Technological factors of beef production increase in Simmental cattle breeding. // *Bulletin of the All – Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization*, no. 4 (36). pp. 185–188. (In Russ.).

3. Kulintsev, V.V., Shevkhuzhev, A.F., Dorokhin, N.A. (2022). Efficiency of growing and fattening young Simmental breed with different technologies of maintenance and feeding. // Agricultural Journal, no. 3 (15). pp. 96–111.
4. Sudarev, N.P. (2018), Beef cattle breeding in the Russian Federation and prospects for its development. N. P. Sudarev, D. Abylkasymov, T. N. Shchukina // Zootechniya, no. 2. – pp. 24–25. (In Russ.).
5. Shevkhuzhev, A.F., Ulimbashev, M.B., Vinogradova, N.D., Elzhirokova, Z.L. (2019), Efficiency of beef production with various technologies of growing Simmental cattle: monograph. // St. Petersburg: SPbGAU. 165 p.
6. Lukyanov, V.N., Ertuev, M.M., Prokhorov, I.P., (2017) etc. Features of growth and development of the skeleton of carcasses of black – and – white and crossbred bulls, depending on the level of feeding // Russian Journal of Agricultural and Socio – Economic Sciences / no. 4 (64). pp. 248–256.
7. Prokhorov, I.P., Pikul, A.N., Lukyanov, V.N., Kalmykova, O.A., (2021), Features of growth and development of the skeleton in Simmental and crossbred bulls in ontogenesis. Chief animal technician. no 9.
8. Ulimbasheva, R.A., Yuldashbayev, Yu.A. (2020), Qualitative characteristics of beef steers of meat and combined directions of productivity // Agrarian Russia, no.8. pp. 9–13
9. Kizaev, M.A., Azhmuldinov, E.A., Titov M.G. (2019), Productive qualities of bulls of various genotypes in industrial beef production technology. // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University, no. 2 (50). pp. 78–81.
10. Levina, G.N., Nazarenko, A.I., Khromova, L.G., Tikhonov, K.E. (2018), Factors affecting the safety of young Simmental breed from birth to the transition period. – International scientific and practical conference "AGROSMART – 2018". Tyumen 2018. Publishing house: Atlantic Press. pp. 338–343.
11. Prokhorov, I.P. (2017), Features of growth and development of the skeleton of carcasses of calves of black – and – white breed and its hybrids with Aberdeen Angus and Charolais / I. P. Prokhorov, A. N. Pikul // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. p. 70. no. 10. pp. 312–318.

Шошина Юлия Васильевна – старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spn-код: 2851-6157.

Прохоров Иван Петрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева».

Грачев Вадим Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spn-код: 2156-2192.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.03.2023; одобрена после рецензирования 15.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 22.03.2023; approved after reviewing 15.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК: 636.034

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-87-94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Светлана Валерьевна Путинцева¹, Сергей Леонидович Сафронов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины,
Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия; putinceva-s@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0008-5844-4495>

²Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины,
Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия; safronovsl@list.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5478-9698>

Реферат. В статье представлена сравнительная характеристика молочной продуктивности дочерей голштинских быков-производителей линий Вис Бэк Айдиала 1013415 и Рефлекшн Соверинга 198998 по первой лактации в стаде племенного завода «Бугры» Ленинградской области. Отмечено, что лучшими по молочной продуктивности были дочери быков линии Вис Бэк Айдиала 1013415, у которых удой составил $10253,1 \pm 130,5$ кг, массовая доля жира и белка – $3,64 \pm 0,02\%$ и $3,40 \pm 0,02\%$. Различия по молочной продуктивности между сверстницами разных линий были незначительными и составили 0,1–2,1%. На продуктивные качества коров-первотелок в большей степени оказали влияние их отцы, принадлежащие к разным линиям. В стаде племенного завода целесообразно использовать быков-производителей линии Вис Бэк Айдиала 1013415 Салюта 1250 и Сильвера 1214, а также Альта Экземпляра 11747 и Наполеона 9840 линии Рефлекшн Соверинга 198998. Удой их дочерей по первой лактации составил 10352–10372 кг и 10256–10274 кг. Наиболее выраженная тесная положительная корреляция между удоєм и качественным составом молока установлена в группе коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415, при этом коэффициент корреляции варьирует от +0,05 до +0,99. В этой группе целесообразно осуществлять селекцию по комплексу признаков молочной продуктивности коров. В группе коров-первотелок линии Рефлекшн Соверинга 198998 между показателями молочной продуктивности существует разная по направлению и величине корреляционная связь: от 0,29 до +0,98, что необходимо учитывать в племенной работе с линиями. Полученные результаты имеют важное значение в управлении селекционным процессом в стаде племенного предприятия в направлении увеличения удоєв коров и содержания в молоке жира и белка.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, молочная продуктивность, лактация, линия, бык-производитель, корреляция показателей молочной продуктивности

Цитирование. Путинцева С.В., Сафронов С.Л. Сравнительный анализ молочной продуктивности коров-первотелок голштинской породы разного происхождения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – №2 (71). – С. 87–94. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-87-94

COMPARATIVE ANALYSIS OF MILK PRODUCTIVITY OF HOLSTEIN HEIFERS OF DIFFERENT ORIGINS

Svetlana V. Putinceva¹, Sergei L. Safronov²

¹Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernigovskaya, 5, Saint Petersburg, 196084, Russia; putinceva-s@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-5844-4495>

²Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Chernigovskaya, 5, Saint Petersburg, 196084, Russia; safronovsl@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5478-9698>

Abstract. The article presents a comparative characteristic of milk productivity of daughters of Holstein bulls of the Vis Back Aidiala 1013415 and Reflex Sauvring 198998 lines in the first lactation in the herd of the Bugry breeding plant in the Leningrad region. It was noted that the daughters of Wies Back Aidiala 1013415 bulls were the best in milk production, whose milk yield was 10253.1 ± 130.5 kg, weight fraction of fat and protein was $3.64 \pm 0.02\%$ and $3.40 \pm 0.02\%$. The differences in milk production between the female cows of different lines were insignificant and amounted to 0.1-2.1%. The productive qualities of heifers were influenced to a greater extent by their fathers belonging to different lines. It is expedient to use bulls-producers of the line Vis Back Aidiala 1013415 Salute 1250 and Silver 1214 in the herd of a breeding plant, and also Alta Exemplar 11747 and Napoleon 9840 of Reflection Sauvring 198998. The milk yield of their daughters in the first lactation was 10352-10372 kg and 10256-10274 kg. The strongest positive correlation between milk yield and milk quality was found in the group of cows of the Vis back Aidiala 1013415 line, with a correlation coefficient ranging from +0.05 to +0.99. In this group it is expedient to carry out selection on a complex of signs of dairy productivity of cows. In the group of heifers of Reflection Sauvringa 198998 there is different in direction and magnitude correlation relation between the milk productivity indices from -0,29 to +0,98, that must be taken into account in the breeding work with the lines. The results obtained are important in managing the breeding process in the herd of a breeding enterprise in the direction of increasing the milk yield of cows and the fat and protein content in milk.

Keywords: *cattle, Holstein breed, milk productivity, lactation, line, bull-producer, correlation of milk productivity indicators*

Citation. Putinceva, S.V., Safronov, S.L., (2023). "Comparative analysis of milk productivity of Holstein heifers of different origins", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 87-94. (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-87-94

Введение. В последние десятилетия проблеме обеспечения населения нашей страны продуктами питания животного происхождения уделяется особое внимание [1, 2]. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ обеспеченность населения молоком и молочными продуктами должна составлять не менее 90%. Тенденции развития молочного скотоводства в России в течение последних десятилетий показывают, что пока этот уровень остается недостижимым [3, 4, 5]. Одной из причин, являющейся сдерживающим фактором увеличения производства молока, является нерациональное использование продуктивного потенциала отечественного поголовья крупного рогатого скота [6, 7].

Основной задачей ведущих специалистов в молочном скотоводстве является поиск резервов увеличения молочной продуктивности коров. Одним из важных селекционных признаков сельскохозяйственных животных является их продуктивность [8, 9]. В селекционной работе необходимо осуществлять оценку молочной продуктивности коров с учетом их происхождения, так как молочная продуктивность наследуется потомками от их родителей [10, 11].

В ООО «Племенной завод «Бугры» для обновления поголовья ежегодно вводят в стадо до 35% коров-первотелок. В условиях интенсивной технологии производства молока и выращивания молодняка, принятой в хозяйстве, для всех коров-первотелок проводят комплекс зоотехнических и ветеринарных мероприятий (раздой) и оценивают их молочную продуктивность. По данным бонитировки, в 2021 г. в ООО «ПЗ «Бугры» удой коров-первотелок составил 10504 кг молока с содержанием жира 3,60%, что на 5,6 и 0,1% меньше средней продуктивности коров всех возрастных групп в исследуемом стаде (11171 кг молока, содержание жира 3,70%).

Цель исследований – сравнительная характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы по данным за первую лактацию в зависимости от их происхождения.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования были проведены в ООО «Племенной завод «Бугры» Ленинградской области с января по октябрь 2022 г. Для проведения исследования было отобрано 365 голов коров-первотелок голштинской породы, из которых было сформировано 2 группы животных методом пар-аналогов с учетом их происхождения (принадлежности к линии), возраста, упитанности и живой массы. Условия кормления и содержания коров разных групп в период проведения исследований были одинаковыми. Кормление особей в группах осуществлялось по детализированным нормам с учетом величины удоя, содержания жира в молоке и живой массы коров. Основу рационов составляли корма собственного производства. Материалом исследований послужили данные зоотехнического и племенного учета. Сравнительная характеристика молочной продуктивности коров была проведена по показателям: удой за 305 дней лактации (кг), массовая доля жира и белка в молоке (%), количество молочного жира и белка (кг). Величину удоя у коров устанавливали по результатам контрольных доений, которые проводились ежемесячно в установленные дни. Во время контрольного доения коров отбирали среднюю пробу молока от каждой особи на содержание жира и белка в молоке. Химический анализ отобранных проб был проведен в молочной лаборатории АО «Агропем» г. Москва. Полученные результаты исследований были обработаны методом вариационной статистики на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты исследований. В отечественной зоотехнической науке оценку маточного поголовья скота по комплексу хозяйственно-полезных признаков проводят с учетом его происхождения. Важную роль в повышении продуктивных качеств животных играет их принадлежность к линиям. В стаде племенного завода «Бугры» по генеалогическому составу коровы-первотелки относятся к двум основным линиям голштинской породы – Вис Бэк Айдиала (ВБА) 1013415 и Рефлекшн Соверинга (РС) 198998, что оказало влияние на уровень их молочной продуктивности за 305 дней лактации. В табл. 1 представлен сравнительный анализ молочной продуктивности коров исследуемых линий.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров-первотелок разных линий
 Table 1. Dairy productivity of first-calf cows of different lines

Линия	n, гол.	Молочная продуктивность									
		удой за 305 дней лактации, кг		МДЖ, %		молочный жир, кг		МДБ, %		молочный белок, кг	
		M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %	M±m	Cv, %
ВБА 1013415	102	10253,1 ±130,5	2,4	3,64 ±0,02	0,9	373,2 ±12,9	3,0	3,40 ±0,02	0,4	348,6 ±15,1	2,4
РС 198998	263	10046,4 ±98,1	2,0	3,54 ±0,02	0,7	355,6 ±12,7	1,9	3,37 ±0,02	0,4	338,6 ±11,8	2,0
Среднее по стаду	365	10146,2 ±115,7	1,5	3,59 ±0,02	0,6	364,2 ±9,1	1,7	3,39 ±0,02	0,3	344,0 ±14,4	1,6

По данным табл. 1 видно превосходство особей линии Вис Бэк Айдиала 1013415 в сравнении со сверстницами линии Рефлекшн Соверинга 198998 по удою, массовой доле жира и белка в молоке на 2,1%, 0,1% и 0,03% соответственно. Различия величины удоя и качественного состава молока оказали влияние на количество полученного молочного жира и белка за лактацию с преимуществом особей линии Вис Бэк Айдиала 1013415 на 4,9 и 2,9%. В сравнении со средними показателями по стаду различия были незначительными и составили по удою - 1,0 – +1,1%, по массовой доли жира и белка - 0,05 – +0,05% и -0,02 – +0,01%, по молочному жиру и белку -2,2 – +2,4% и -1,6 – +1,3% соответственно. Следует отметить, что коровы линии Вис Бэк Айдиала 1013415 обладают выраженным преимуществом по показателям молочной продуктивности. Выявленные тенденции и величина коэффициента изменчивости по исследуемым показателям (0,3–3,0%) указывают на однообразие и типичность в стаде животных, принадлежащих к разным линиям, и на ограниченную вариабельность признаков, по которым проводится селекция по их молочной продуктивности.

На основании установленных закономерностей и тенденций изменчивости показателей молочной продуктивности коров, принадлежащих к разным линиям, необходимо определить влияние быков-производителей на продуктивные качества их дочерей. В сложившихся хозяйственных условиях особую ценность имеют те быки – производители, дочери которых отличаются лучшей продуктивностью с широкой изменчивостью изучаемых признаков внутри родственной группы. Для осуществления целенаправленной селекционной работы в стаде по увеличению молочной продуктивности коров и улучшению качества молока необходимо отбирать быков-производителей по уровню продуктивности их дочерей. Сравнительный анализ молочной продуктивности дочерей быков-производителей, принадлежащих к разным линиям, представлен в табл. 2.

По данным табл. 2 установлено, что дочери быков-производителей линии Вис Бэк Айдиала 1013415 Салюта 1250 и Сильвера 1214, а также Альта Экземпляра 11747 и Наполеона 9840 линии Рефлекшн Соверинга 198998 по уровню молочной продуктивности превосходят сверстниц и средние показатели по линиям. Удой за 305 дней лактации их дочерей составил 10256–10372 кг. Эти производители (после проведения оценки по комплексу признаков)

рекомендуются к использованию в селекционной работе со стадом. Следует отметить, что дочери быка Салюта 1250 отличаются жирно- и белкомолочностью, что имеет большое значение при переработке молока в молочные продукты.

Таблица 2. Продуктивность коров-первотелок-дочерей быков разных линий
 Table 2. Productivity of first-calf cows from daughters of bulls of different lines

Кличка и инв. номер быка-отца	Кол-во дочерей, гол.	Продуктивность за 305 дней лактации				
		Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг
Линия ВБА 1013415						
Салют 1250	18	10372,1±90,8	3,71±0,01	385,1±14,6	3,43±0,01	355,8±14,7
Сильвер 1214	15	10352,7±98,2	3,49±0,02	361,7±12,3	3,40±0,01	352,0±17,9
Альта Готем 11766	14	9886,5±128,1	3,61±0,02	356,7±12,4	3,44±0,02	340,1±12,4
Альта Цар 11435	30	9605,3±101,9	3,45±0,01	331,6±17,8	3,33±0,02	319,9±8,6
Итого по линии ВБА	102	10253,0±130,5	3,64±0,02	373,2±12,9	3,40±0,02	348,6±15,1
Линия РС 198998						
Альта Экземпляр 11747	15	10274,7±147,8	3,67±0,01	377,5±15,2	3,45±0,01	354,5±6,2
Наполеон 9840	18	10256,5±76,3	3,60±0,02	369,0±13,1	3,41±0,02	349,7±9,0
Альта Харриер 11575	18	10030,3±115,7	3,52±0,02	352,6±11,5	3,34±0,02	335,0±17,0
Альта Хотшот 11253	55	9968,4 ±50,3	3,59±0,02	357,8±9,0	3,38±0,02	336,9±10,4
Альта Вормонт 11666	41	9862,5±48,2	3,49±0,02	344,1±10,0	3,35±0,01	330,4±8,0
Альта Тухот 11813	34	9654,1±44,6	3,58±0,02	345,7±13,4	3,39±0,02	327,3±9,1
Итого по линии РС	263	10046,4±98,1	3,54±0,02	355,6±12,7	3,37±0,02	338,6±11,8

В связи с тем, что по результатам первой лактации можно определить продуктивный потенциал коров, возможно использование в плане селекционной работы быков-производителей, которые будут оценены по продуктивным качествам дочерей в более старшем возрасте.

В исследуемом стаде проводится целенаправленная племенная работа по увеличению продуктивности коров, о чем свидетельствует величина удоя за 305 дней лактации, составляющая по всем потомкам линий более 9 тыс. кг молока. На это указывают результаты сравнительного анализа продуктивных качеств коров разного происхождения по данным за первую законченную лактацию.

Известно, что продуктивные качества крупного рогатого скота имеют разную степень и направление корреляции, которые необходимо учитывать в селекции. Результаты сравнительного анализа взаимосвязи разных показателей молочной продуктивности коров исследуемых линий по первой лактации представлены в табл. 3.

Таблица 3. Влияние происхождения коров-первотелок на взаимосвязь основных показателей их молочной продуктивности

Table 3. The influence of the origin of first-calf cows on the correlation of the main indicators of their dairy productivity

Линия	Коэффициент корреляции, r			
	Удой – МДЖ	Удой – количество молочного жира	Удой – МДБ	Удой – количество молочного белка
ВБА 1013415	+0,49	+0,96	+0,05	+0,99
РС 198998	-0,29	+0,93	+0,02	+0,98

Из данных табл. 3 видно, что направление и величина взаимосвязи между основными показателями молочной продуктивности коров зависят от их линейной принадлежности. Так, между величиной удоя за 305 дней лактации и массовой долей жира, удоем и количеством молочного жира, удоем и массовой долей белка, удоем и количеством молочного белка у коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 установлена тесная положительная связь (от +0,05 до +0,99). Это указывает на изменение признаков у коров этой линии в одном направлении. В племенной работе с особями этой линии проведение селекции по комплексу признаков с учетом величины удоя, массовой доли жира и белка оказывает положительной эффект на молочную продуктивность всего поголовья коров в стаде.

У коров линии Рефлекшн Соверинга 198998 большие значения удоя имеют место при малых значениях содержания молочного жира, что показывает отрицательный (-0,29) коэффициент корреляции удой – массовая доля жира, но при этом количество молочного жира возрастает, на что указывает коэффициент корреляции ($r=0,93$) удой – количество молочного жира. Установленную особенность взаимосвязи количества и качества молока у коров этой линии необходимо учитывать при составлении плана племенной работы со стадом племенного завода «Бугры».

Выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать заключение, что генеалогическая структура стада коров-первотелок племенного завода представлена двумя линиями голштинской породы – Рефлекшн Соверинга 198998 и Вис Бэк Айдиала 1013415.

Наивысший удой по первой лактации показали коровы линии Вис Бэк Айдиала: 1013415–10253 кг молока с массовой долей жира 3,64% и белка 3,40%. Наивысшей молочной продуктивностью отличаются дочери быков-производителей Салюта 1250 и Сильвера 1214 линии Вис Бэк Айдиала 1013415, а также Альта Экземпляра 11747 и Наполеона 9840 линии Рефлекшн Соверинга 198998.

Коровы-первотелки линии Вис Бэк Айдиала 1013415 отличаются положительной взаимосвязью основных показателей молочной продуктивности, при этом коэффициент корреляции между удоем и жирномолочностью составил +0,49. У сверстниц линии Рефлекшн Соверинга 198998 установлена обратная связь между данными признаками ($r= -0,29$).

В селекционной работе со стадом крупного рогатого скота в племенном заводе «Бугры» необходимо учитывать выявленные тенденции и закономерности изменения молочной продуктивности коров-первотелок.

Полученные результаты исследований можно эффективно использовать в управлении селекционным процессом в направлении увеличения удоев коров и содержания в молоке жира и белка в стаде племенного предприятия.

Список источников литературы

1. Мартынова, А.Ю. Хозяйственно-полезные показатели коров разных сезонов отела / А. Ю. Мартынова, О. В. Горелик, И. В. Кныш // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 52. – С. 76–82.
2. Эффективность использования молочного скота разных пород / О. И. Соловьева, Т. Ю. Халикова, В. А. Чувилова, Д. С. Меркурьев // Главный зоотехник. – 2016. – № 6. – С. 49–54.
3. Gorelik, O.V. Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows / O. V. Gorelik, S. Yu. Harlap, N. D. Vinogradova, [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Krasnoyarsk, 2021. – P. 32019.
4. Productive qualities of holsteinized black-and-white cattle / N. A. Fedoseeva, O. V. Gorelik, O. E. Likhodeevskaya [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 848. – Krasnoyarsk, 2021. – P. 12068.
5. Соловьева, О.И. Продуктивность и воспроизводительные качества коров голштинской породы разного происхождения / О. И. Соловьева, Е. И. Крестьянинова, Т. Ю. Халикова // Главный зоотехник. – 2020. – №12(209). – С. 24–33.
6. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators / O. V. Gorelik, P. S. Galushina, I. V. Knysh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32013. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032013.
7. Горелик, О.В. Молочная продуктивность коров голштинских линий черно – пестрого скота / О. В. Горелик, Н. А. Федосеева, И. В. Кныш // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 56. – С. 99–105.
8. Падерина, Р.В. Продуктивные качества завезенного голштинского скота / Р. В. Падерина, Н. Д. Виноградова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – №47. – С. 91–95.
9. Падерина, Р.В. Эффективность селекции высокопродуктивных молочных коров / Р. В. Падерина, Н. Д. Виноградова // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2022. – № 3. – С. 84–87. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.3.84.
10. Technological properties of cow's milk depending on the season of the year / S. Yu. Harlap, A. S. Gorelik, E. V. Kvarditsky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012047. – DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012047.
11. Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows / O. V. Gorelik, S. Yu. Harlap, N. D. Vinogradova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32019. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032019.

References

1. Martynova, A.Yu. Economic and useful indicators of cows of different calving seasons / A. Yu. Martynova, O.V. Gorelik, I.V. Knysh // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2018. – No. 52. – pp. 76–82.
2. Efficiency of using dairy cattle of different breeds / O. I. Solovyova, T. Y. Khalikova, V. A. Chuvikova, D. S. Merkuriev // Chief zootechnik. – 2016. – No. 6. – pp. 49–54.
3. Gorelik, O.V. Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows / O.V. Gorelik, S. Yu. Harlap, N. D. Vinogradova, I.A. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Krasnoyarsk, 2021. – P. 32019.
4. Productive qualities of holsteinized black – and – white cattle / N. A. Fedoseeva, O. V. Gorelik, O. E. Likhodeevskaya [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 848. – Krasnoyarsk, 2021. – P. 12068.
5. Solovyova, O.I. Productivity and reproductive qualities of Holstein cows of different origin / O. I. Solovyova, E. I. Krestyaninova, T. Y. Khalikova // Chief zootechnik. – 2020. – №12 (209). – Pp. 24–33
6. Relationship between cow milk yield and milk quality indicators / O. V. Gorelik, P. S. Galushina, I. V. Knysh [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science

- and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32013. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032013.
7. Gorelik, O.V. Dairy productivity of cows of Holstein lines of black – and – white cattle / O.V. Gorelik, N.A. Fedoseeva, I.V. Knysh // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2019. – No. 56. – pp. 99–105.
 8. Paderina, R.V. Productive qualities of imported Holstein cattle / R. V. Paderina, N. D. Vinogradova // Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. – 2017. – No.47. – pp. 91–95.
 9. Paderina, R.V. Efficiency of breeding of highly productive dairy cows / R. V. Paderina, N. D. Vinogradova // Regulatory and legal regulation in veterinary medicine. – 2022. – No. 3. – pp. 84–87. – DOI 10.52419/issn2782-6252.2022.3.84.
 10. Technological properties of cow's milk depending on the season of the year / S. Yu. Harlap, A. S. Gorelik, E. V. Kvarditsky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Veliky Novgorod, 2020. – P. 012047. – DOI 10.1088/1755- 1315/613/1/012047.
 11. Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows / O. V. Gorelik, S. Yu. Harlap, N. D. Vinogradova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 32019. – DOI 10.1088/1755-1315/677/3/032019.

Сведения об авторах

Путинцева Светлана Валерьевна – аспирант кафедры ветеринарной гигиены, кормления и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», spin-код: 7410-2814, Researcher ID: НТТ-2673-2023.

Сафронов Сергей Леонидович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры ветеринарной гигиены, кормления и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», spin-код: 6763-3366, Scopus author ID: 57215905311, 57221463376, Researcher ID: ACM-3636-2022.

Information about the authors

Svetlana V. Putinceva – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine", spin-code: 7410-2814, Researcher ID: НТТ-2673-2023.

Sergei L. Safronov – Doctor of Agricultural Sciences, associate of professor, associate of professor of the Department of Veterinary Hygiene, feeding and breeding of animals Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine", spin-code: 6763-3366, Scopus author ID: 57215905311, 57221463376, Researcher ID: ACM-3636-2022.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06.05.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 06.05.2023; approved after reviewing 25.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 636.1

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-95-104

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЛЕМЕННОЕ КОНЕВОДСТВО РОССИИ

Орудж Исмаил Оглы Сулейманов¹, Василий Анатольевич Подобаев²,
Евгения Ивановна Алексеева³

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, Рязанская область,
Рыбновский район, поселок Дивово; 391105, Россия, o.suleymanov@yandex.ru;
<http://orcid.org/0000-0002-4501-6642>

² Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, Рязанская область,
Рыбновский район, поселок Дивово; 391105, Россия, pwa08@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-8250-5704>

³ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское ш.,
д.2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; alekseevaei@list.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-7119-5103>

Реферат. В 1992 году, на основании поручения Министерства сельского хозяйства России в ФГБНУ ВНИИ коневодства была создана и успешно функционирует в наше время система ведения централизованного племенного учета (ЦПУ) по основным заводским породам лошадей, которых разводят на территории РФ: чистокровной верховой, чистокровной арабской, ахалтекинской, терской, донской, буденновской, тракененской, ганноверской, орловской, русской и стандартбредной рысистой, владимирской, першеронской, русской и советской тяжеловозным.

В связи с этим объектом исследования является система ведения ЦПУ в части документооборота между коннозаводчиками и головным центром во ВНИИ Коневодства, который является держателем Государственных племенных книг перечисленных пород лошадей и представляет Российскую Федерацию в профильных международных организациях по породам международного распространения.

В исследовании использованы эмпирические методы, включая изучение опубликованной информации (научные труды отечественных и зарубежных авторов, законодательство в сфере информационных технологий), анализ полученных сведений, метод опроса. Предложена модель электронного документооборота как показателя цифровизации племенного коневодства.

В результате исследований модернизирована и упорядочена система ввода данных в ИПС «КОНИ-3», разрабатываются структура базы данных в личном кабинете коневладельца и программные модули, позволяющие интеграцию с ИПС «КОНИ-3». Создана тестовая система, с помощью которой проверяются функциональные возможности программы и процессы обработки данных.

Целью исследований является разработка цифровой системы сбора и анализа документов и мультимедийных данных для решения аналитико-исследовательских задач,

повышения эффективности ведения ЦПУ и предоставления электронных услуг в коневодстве на основе машинного обучения и искусственного интеллекта.

Предоставляемые ВНИИ Коневодства электронные услуги продемонстрированы на примере электронного паспорта лошади (ЭПЛ), который позволяет оперативно, в режиме онлайн предоставить коннозаводчикам и ипподромам сведения о лошадях, прошедших регистрацию в Государственной племенной книге, и следовательно система может быть допущена к испытаниям.

Ключевые слова: централизованный племенной учет, электронный документооборот, электронный паспорт лошади, база данных, ипподромы, коннозаводчики, цифровые технологии, цифровая платформа

Цитирование. Сулейманов О.И., Подобаев В.А., Алексеева Е.И. Эффективность внедрения цифровых технологий в племенное коневодство России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 95-104, doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-95-104

EFFICIENCY OF DIGITAL TECHNOLOGY IMPLEMENTATION IN RUSSIAN HORSE BREEDING

Oruj I. Suleymanov¹, Vasily A. Podobaeв²,
Evgenia I. Alekseeva³

¹ All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Ryazan Region, Rybnovsky District, Divovo settlement; 391105, Russia, o.suleymanov@yandex.ru;

<http://orcid.org/0000-0002-4501-6642>

² All-Russian Research Institute of Horse Breeding, Ryazan region, Rybnovsky district, Divovo settlement; 391105, Russia, pwa08@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0001-8250-5704>

³ St. Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe sh., 2, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia; alekseevaei@list.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-7119-5103>

Abstract. Since 1992, on the instruction of the Russian Ministry of Agriculture, the All-Russian Research Institute of Horse Breeding has created and successfully operates a system for maintaining a centralized breeding record for the main horse breeds on the territory of the Russian Federation: Thoroughbred, Purebred Arabian, Akhal-Teke, Tersk, Don breed, Budennovskaya, Trakenner, Hanoverian, Orlov Trotter, Standardbred Trotters, Vladimirskaya, Russian and Soviet draft breeds.

In this regard, the object of the study is the system of centralized breeding records in terms of document flow between horse breeders and the head centre at the All-Russian Research Institute of Horse Breeding, which is the holder of the State Stud Books of the listed horse breeds and represents the Russian Federation in specialized international organizations for breeds of international distribution.

The study used empirical methods, including the study of published information (scientific works of domestic and foreign authors, information technology legislation), the analysis of the data obtained and the method of interviewing. The model of electronic document management as an indicator of digitalization of horse breeding is proposed.

As a result of the research, the system of data entry into the Information search system “KONI-3” was modernized and streamlined, the structure of the database in the personal office of the horse owner and software modules to enable integration with the Information search system “KONI-3” were developed. A test system has been created, which is used to test the functionality of the programme and data processing processes.

The aim of the research is to develop a digital system for collecting and analysing documents and multimedia data to solve analytical and research tasks, improve the efficiency of Centralized Breeding Record and e-services in horse breeding based on machine learning and artificial intelligence.

The electronic services provided by the All-Russian Research Institute of Horse Breeding are demonstrated using the example of the Electronic Horse Passport (EHP), which makes it possible to provide horse breeders and racecourses with information on horses registered in the Stud Book promptly, online, and therefore the system can be allowed to be tested.

Key words: *centralized breeding records, electronic document management, horse's e-passport, data base, racecourse, horse breeders, digital technologies, digital platform*

Citation. Suleymanov O.I. Ogly, Podobayev V.A., Alekseeva E.I. “Efficiency of digital technology implementation in Russian horse breeding” // *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. – 2023. – № 2 (71), pp. 95–104, doi: doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-95-104

Введение. Сельское хозяйство в отношении цифровой экономики занимает одно из лидирующих мест в народном хозяйстве, в связи с чем инновационные технологии, их внедрение и адаптация с последующим развитием становятся одним из приоритетных направлений экономики страны [1].

Согласно докладу «Глобальные информационные технологии», Российская Федерация занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике [2]. В связи с этим Правительством Российской Федерации принята национальная программа «Цифровая экономика», в рамках которой планируется внедрение цифровых технологий в сферах государственного управления и оказания государственных услуг.

Несмотря на то, что современное коневодство как отрасль сельского хозяйства стремится соответствовать общероссийскому тренду цифровизации народного хозяйства, ведение племенного учёта в коневодческих хозяйствах осуществляется, как правило, вручную, путём внесения необходимых сведений в соответствующие формы учёта на бумажных носителях [3].

По общему признанию, организация племенной работы в коневодстве – образец для всех отраслей отечественного животноводства. Это единственная отрасль, где создана электронная система централизованного племенного учёта (с головным центром в ФГБНУ «ВНИИ Коневодства»). Такая система охватывает весь жизненный цикл лошади, включая её

родословную, результат генетического тестирования, показатели селекционируемых признаков и плодовой деятельности, результаты испытаний и бонитировки [4, 5].

Общее количество владельцев лошадей, зарегистрированных в базе данных ВНИИ Коневодства, составляет 1766, в том числе 199 предприятий, зарегистрированных в Госплемрегистре Минсельхоза России.

Породы лошадей рассредоточены по множеству регионов Российской Федерации (85 регионов в составе 8 Федеральных округов).

На 1 января 2022 г. в стране, по данным Росстата, насчитывалось 1298,6 тыс. голов лошадей, в том числе 9170 (0,7%) маток заводских пород (16 пород), прошедших официальную регистрацию. Из этого числа 3139 голов (34,2%) представлено племенными предприятиями [5].

Ареал распространения и количество поголовья диктуют необходимость перевода системы централизованного племенного учета на цифровую платформу [6, 14].

С целью перевода отраслей АПК на цифровую платформу Министерством сельского хозяйства России предложен ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [7].

Цифровизация является современным трендом экономического и общественного развития. Так, к концу 2024 г. планируется ввести электронные паспорта, содержащие биометрические данные человека [8, 9, 13].

Использование электронных форматов в племенном учёте существенно облегчает порядок работы, экономит время и затраты участников системы ЦПУ, создаёт условия для комфортного взаимодействия между субъектами призового коневодства [10, 11, 12].

Во ВНИИ Коневодства предложена методика перехода на электронный паспорт лошади (ЭПЛ), описаны его преимущества перед бумажным паспортом [12]. Электронный паспорт содержит те же сведения о лошади, которые есть в бумажном паспорте, однако ЭПЛ можно скачать на мобильное устройство за пару минут, его невозможно потерять. В случае заявки лошади для участия в соревнованиях нет необходимости отправки на ипподром бумажного паспорта лошади. Достаточно переслать на электронный адрес ипподрома ЭПЛ.

Однако для внедрения ЭПЛ актуальной и целесообразной является разработка цифровой платформы, обеспечивающей сбор и оперативную обработку информации об объектах племенного коневодства, что способствует повышению эффективности ведения ЦПУ и соответствует проекту «Цифровое сельское хозяйство» [14].

По мнению экспертов, главными проблемами внедрения и использования IT-технологий в коневодстве и в сельском хозяйстве в целом является малая степень использования цифровых технологий из-за низкого уровня технологической оснащённости и недостаточной квалификации кадров [15].

В числе основных трендов, влияющих на цифровую экономику в коневодстве, целесообразно выделить следующие: использование технологий мобильной связи и передачи данных, Интернет вещей, проникновение блокчейна, концентрация отраслевой информации в системах больших данных [16].

В зарубежных странах с развитой скаковой индустрией коневодство является достаточно крупным сектором экономики и социальной сферы. Поэтому в таких странах, как США, Англия, Ирландия, Франция, используются цифровые технологии онлайн-управления

отрасль с соблюдением требований международного соглашения по разведению, скачкам и тотализатору (International Agreement on Breeding, Racing and Wagering-IABRW) [17, 18].

Наша страна ратифицировала указанное соглашение в части, касающейся ведения племенного учета лошадей чистокровной верховой породы.

Призовое коневодство не входит в число приоритетных направлений деятельности Правительства Российской Федерации, так как производимая продукция не направлена на обеспечение продовольственной безопасности страны. Поэтому отсутствует нормативно-правовая база управления отраслью, что, в свою очередь, приводит к систематическим нарушениям требований международных правил.

Очевидно, что при таком состоянии отрасли весьма сложно осуществлять качественное оперативное проведение работ по племенному учёту и научно-исследовательской деятельности в коневодстве.

Материалы, методы и объекты исследования. Для достижения поставленной цели анализированы документы, используемые для ведения ЦПУ, маршрутизация информации и документов, сроки их предоставления во ВНИИ Коневодства для регистрации в базе данных ИПС «КОНИ-3». Изучены структура и текущее состояние ИПС «КОНИ-3». Использованы эмпирические методы исследования.

Результаты исследований. Разрабатываемая во ВНИИ Коневодства цифровая платформа для ведения электронного документооборота основана на принципе работы личного кабинета коневладельца (ЛКК).

Система «Личный кабинет коневладельца» разрабатывается с использованием облачных и туманных технологий обработки и хранения данных. Обязательным этапом создания системы ЛКК является анализ и разработка системы проверки вводимой информации и защита от ввода ошибок.

Исследование требований к системе ЛКК выявило, что модель ЛКК не подходит под схему классических систем электронного документооборота (СЭД) и управления взаимоотношениями с клиентами (CRM).

Разработанная нами система «Личный кабинет коневладельца» представляет собой гибрид двух указанных систем с функцией двусторонней обработки данных (рис. 1).

Система предлагает сервис электронной подачи заявок на предоставление услуг по племенному учету, сбору отчётности в режиме одного окна, исключая необходимость повторного внесения данных. Интернет-сервис предоставит возможность заполнения электронных форм, автоматической проверки и контроля корректировки вносимых сведений, упорядочения сроков их сбора, анализа данных и формирования отчётов, отслеживания истории обращений и принятых по ним решений, а также оперативную обратную связь по результатам рассмотрения заявок.

С целью идентификации коннозаводчика или коневладельца в регистрационную форму хозяйства добавлен его фактический адрес из ФИАС (Федеральной информационной адресной системы) и ИНН (Индивидуальный номер налогоплательщика).

Идентификация пользователя позволит системе выбрать из базы данных и получить необходимую информацию только по тем лошадям, которые рождены в хозяйстве у данного коннозаводчика или принадлежат коневладельцу на праве собственности.

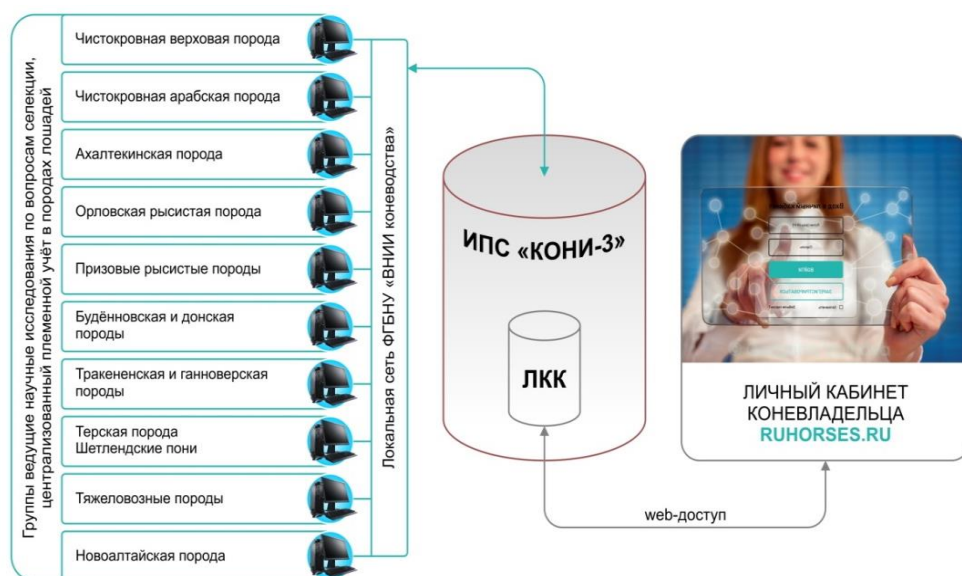


Рисунок 1. Схема совместного доступа к данным
 Figure 1. Data sharing scheme

В результате наших исследований по технологии MVP (minimum viable product – минимально жизнеспособный продукт) создана тестовая компьютерная система, с помощью которой тестируются функциональные возможности программы и проверяются процессы обработки данных. Так, для обработки данных, содержащихся в документах первичного племенного учета, разработан механизм продвижения документов. Одним из основных документов ведения ЦПУ является «Ведомость учета случки и выжеребки кобыл». Разработан следующий алгоритм перевода «Ведомости» из одного статуса в другой, с блокировкой действий:

1. Создание начального статуса «Ведомости» по установленной форме, в виде черновика. Пока «Ведомость» находится в этом статусе, у коннозаводчика есть возможность её редактирования. После нажатия кнопки «Отправить» редактирование для коннозаводчика становится недоступным, а ведомость переводится в статус «Отправлено».

2. «Ведомость» в статусе «Отправлено» видна на сайте ВНИИ Коневодства. В этом статусе она находится в режиме «Только чтение» для обеих сторон. С ней можно выполнить всего одно действие – «Принять в обработку», после чего «Ведомость» переводится в статус «В обработке».

3. Когда «Ведомость» находится в статусе «В обработке», сотрудник ВНИИ Коневодства может ввести в базу данных записи документа, если они правильно заполнены. Для неправильно заполненных сведений он может оставить соответствующий комментарий. Другие действия запрещены. Из этого статуса «Ведомость» может быть либо возвращена коннозаводчику для уточнения, либо обработана и закрыта. При этом ведомость переводится в соответствующий статус – «На уточнение» или «Закрыта».

4. «Ведомость» в статусе «На уточнении» доступна для редактирования коннозаводчику и находится в режиме «Только чтение» для сотрудников института коневодства. После завершения процедуры уточнения коннозаводчик снова отправляет

«Ведомость» во ВНИИ Коневодства и, следовательно, ей вновь присваивается статус «Отправлено».

5. Ведомость в статусе «Закрыто» доступна в режиме «Только чтение» как для сотрудников института коневодства, так и для коннозаводчика. «Закрытая» «Ведомость» может быть открыта только администратором, после чего она вновь переходит в статус «В обработке».

«Закрытый» статус ведомости означает, что указанные в ней новорожденные жеребята прошли предварительную регистрацию в базе данных ИПС «КОНИ-3». Окончательная регистрация в базе данных и, соответственно, в Государственной племенной книге возможны по результатам ДНК анализа биоматериалов жеребенка, проводимого в лаборатории иммуногенетики ВНИИ Коневодства.

После ввода в базу данных положительных результатов иммуногенетического контроля достоверности происхождения жеребенка ИПС автоматически генерирует QR-код жеребенка. Появление QR-кода является подтверждением регистрации жеребенка в ИПС «КОНИ-3».

Документами, подтверждающими регистрацию жеребенка в Государственной племенной книге, являются паспорт установленного образца для пород местного значения и паспорт международного образца для пород международного распространения (рис. 2).



Рисунок 2. Основные данные и QR-код в электронном паспорте лошади
Figure 2. Basic data and QR code in the electronic passport of the horse

После окончательной регистрации жеребенка в ИПС «КОНИ-3» генерируется электронный паспорт лошади (ЭПЛ, рис. 2 – Основные данные и QR-код в электронном паспорте лошади).

Следовательно, миссия ЭПЛ – это возможность дистанционного пользования базой данных ВНИИ Коневодства.

Предложенная модель ЭПЛ формируется только для лошадей, рождённых в Российской Федерации. Поскольку такая форма документа не является международной, за пределами России ЭПЛ не действителен. Это позволит предотвратить несанкционированный вывоз лошадей за пределы страны и дисциплинировать коневладельцев в соблюдении таможенного и ветеринарного законодательства РФ в части экспорта отечественной продукции.

Выводы. Внедрение цифровых технологий является приоритетным направлением развития современного племенного коневодства в Российской Федерации.

Переход на электронный документооборот и использование электронного паспорта лошади существенно сократит рабочее время сотрудников ВНИИК, затрачиваемое на регистрацию лошади и практическое оформление бумажных паспортов.

Однако переход на цифровизацию отрасли затрудняется как низким уровнем технологической оснащённости самих коневодческих хозяйств, так и разной степенью цифровой компетентности специалистов хозяйств. Тем не менее, проделанная во ВНИИ Коневодства работа является хорошим заделом для дальнейшей цифровизации племенного учёта, документооборота и делопроизводства в коневодстве, внедрения элементов искусственного интеллекта в сферу селекционно-племенной работы для создания интеллектуального коневодства в России.

Список источников литературы

1. Брякина, А.В. Цифровизация экономических систем в сельском хозяйстве: экономический и правовой аспект инновационного развития сельского хозяйства / А. В. Брякина // Аграрное образование и наука. – 2019. – № 2. – С. 2.
2. Буклагин, Д.С. Цифровые технологии и системы управления в животноводстве // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – №4 (40). – С. 105–112.
3. Дубровин, А.В. Актуальность разработки и внедрения системы электронного документооборота в племенном коневодстве / А. В. Дубровин // Коневодство и конный спорт. – 2021. – № 3. – С. 19–21.
4. Калашников, В.В. Современная система племенного коневодства России и перспективы её развит / В. В. Калашников, А. М. Зайцев, А. В. Дубровин, Н. В. Блохина, Р. В. Калашников // Коневодство и конный спорт. – 2021. № 5. – С. 4–9.
5. Кудряшова, Ю.Н. Цифровые технологии приходят в сельское хозяйство// Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики: сборник научных трудов Самарского государственного аграрного университета. – 2019. – Самара: Кинель, С. 41–44.
6. Методические рекомендации по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса. – Москва, 2019. –110 с.
7. О внедрении электронного удостоверения личности гражданина Российской Федерации // Материалы совещания Правительства РФ от 17.07.2019.
8. О паспорте гражданина Российской Федерации, содержащем электронный носитель информации // Проект Указ Президента РФ 04/14/03-21/00114294.
9. Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2024 года. – Москва, 2018.
10. Подобаев, В.А. Новые возможности аналитической системы ИПС «КОНИ-3» / В. А. Подобаев, Д. А. Салин, Л. Н. [и др.] // Коневодство и конный спорт. – 2021. – № 4. – С. 15–17.
11. Подобаев, В.А. Цифровизация централизованного племенного учета в коневодстве России / В. А. Подобаев, Д. А. Салин, Л. Н. Гоистидр // Научное обеспечение развития и повышения

- эффективности коневодства России и стран СНГ: сборник докладов Международной научно – практической конференции. – Дивово, 2021. – С. 163–170.
12. Сулейманов, О.И. Цифровизация как метод совершенствования племенного учета в коневодстве // Коневодство и конный спорт, – 2022, – № 4. – С. 4–7.
 13. Тагиров, З.И., Торопов, Б.А. ID человека: основа межгосударственного нумерованного учёта населения и идентификации личности в целях моделирования транснациональных террористических и экстремистских сетей // Вопросы безопасности. – 2017. – № 2. – С. 86–103.
 14. Цифровое сельское хозяйство // Ведомственный проект Минсельхоза России. – 2019.
 15. Якутин, Ю.В. Российская экономика: стратегия цифровой трансформации (к конструктивной критике правительственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации») // Ю. В. Якутин // Менеджмент и бизнес – администрирование. – 2017. – № 4. – С. 27–52.
 16. Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017. // Forbes: сайт. – URL: <https://www.forbes.com/sites/gartnergroup/2016/10/26/gartners-top-10-strategic-technology-trends-for-2017/?sh=6aa0cb89186b>.
 17. International Agreement on Breeding, Racing and Wagering (IABRW) // <https://www.ifhaonline.org/Default.asp?section=IABRW&area=15>.
 18. Weatherbys E – Passport and digital solutions. – URL: <https://www.weatherbys.co.uk/epassport>.

References

1. Bryakina, A.V. Digitalization of economic systems in agriculture: economic and legal aspect of innovative development of agriculture / A. V. Bryakina // Agrarian education and science. – 2019. – No. 2. – pp. 2.
2. Buklagin, D.S. Digital technologies and management systems in animal husbandry // Equipment and technologies in animal husbandry; – 2020. – No. 4 (40). – pp. 105–112.
3. Dubrovin, A.V. The relevance of the development and implementation of an electronic document management system in breeding horse breeding / A.V. Dubrovin // Horse breeding and equestrian sport. – 2021. – No. 3. – pp. 19–21.
4. Kalashnikov, V.V. Kalashnikov V.V., Zaitsev A.M., Dubrovin A.V., Blokhina N.V., Kalashnikov R.V. // Horse breeding and equestrian sport. – 2021. – No. 5. – pp. 4–9.
5. Kudryashova Yu.N. Digital technologies are coming to agriculture // Development of the agro-industrial complex in the digital economy: a collection of scientific papers of the Samara State Agrarian University. – 2019. Samara: Kinel, pp. 41–44.
6. Guidelines for the development of a regional index of digitalization of the agro-industrial complex. – Moscow, 2019, – 110 p.
7. On the introduction of an electronic identity card of a citizen of the Russian Federation // Materials of the meeting of the Government of the Russian Federation of 07/17/2019.
8. On the passport of a citizen of the Russian Federation containing an electronic information carrier // Draft Decree of the President of the Russian Federation 04/14/03 – 21/00114294
9. Main directions of activity of the Government of the Russian Federation for the period up to 2024. – Moscow, 2018.
10. Podobaeв, V.A. Podobaeв, V.A., Salin, D.A., and Gostina, L.N., New possibilities of the analytical system IPS “KONI – 3”, Horse breeding and equestrian sport. – 2021. – No. 4. – pp. 15–17.
11. Podobaeв, V.A. Digitalization of centralized breeding records in horse breeding in Russia / V. A. Podobaeв, D. A. Salin, L. N. Gostina // Scientific support for the development and improvement of the efficiency of horse breeding in Russia and the CIS countries: a collection of reports of the International Scientific and Practical Conference. – Дивово, 2021. – pp. 163–170.
12. Suleimanov, O.I. Digitalization as a method of improving breeding records in horse breeding // Horse breeding and equestrian sport, – 2022. – No. 4. – pp. 4–7.
13. Tagirov, Z.I., Toropov, B.A. Human ID: the basis of interstate numbered population accounting and personal identification in order to model transnational terrorist and extremist networks // Security Issues. – 2017. – No. 2. – pp. 86–103.
14. Digital agriculture // Departmental project of the Ministry of Agriculture of Russia. – 2019.

15. Yakutin Yu.V. Russian economy: digital transformation strategy (to constructive criticism of the government program "Digital Economy of the Russian Federation") // Yu. V. Yakutin // Management and business administration. – 2017. – No. 4. – p. 27–52.
16. Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2017. // Forbes: сайт. – URL: <https://www.forbes.com/sites/gartnergroup/2016/10/26/gartners-top-10-strategic-technology-trends-for-2017/?sh=6aa0cb89186b>.
17. International Agreement on Breeding, Racing and Wagering (IABRW) // <https://www.ifhaonline.org/Default.asp?section=IABRW&area=15>.
18. Weatherbys E – Passport and digital solutions. – URL: <https://www.weatherbys.co.uk/epassport>.

Сведения об авторах

Сулейманов Орудж Исмаил Оглы – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», spin-код: 2911-3813.

Подобаев Василий Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», spin-код: 2864-5838.

Алексеева Евгения Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры крупного животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3988-8816.

Information about the authors

Eygenia I. Alekseeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Large Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 3988-8816.

Vasily A. Podobaev – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All – Russian Research Institute of Horse Breeding", spin-code: 2864-5838.

Oruj I. Suleymanov – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All – Russian Research Institute of Horse Breeding", spin-code: 2911-3813.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 08.04.2023; одобрена после рецензирования 16.06.2023; принята к публикации 18.06.2023.

The article was submitted 08.04.2023; approved after reviewing 16.06.2023; accepted after publication 18.06.2023.

Научная статья

УДК 636.11.082:575

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-105-113

МОНИТОРИНГ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ РУССКОЙ ТЯЖЕЛОВОЗНОЙ ПОРОДЫ ЛОШАДЕЙ

Анна Вячеславовна Борисова¹, Анастасия Викторовна Санганаева²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», 391105, Российская Федерация, Рязанская область, Рыбновский район, посёлок Дивово, yniik63@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-0034-8747>

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», 196601, Российская Федерация, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д.2,
asyvs@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5529-9949>

Реферат. Русская тяжеловозная порода – самая распространенная порода тяжеловозов в Российской Федерации благодаря неприхотливости, универсальности ее использования и ряду ценных хозяйственно-полезных качеств. В настоящее время генофонд породы ограничен и насчитывает всего 187 голов племенных маток и 44 жеребца-производителя. В связи этим остро стоит проблема оценки генетического разнообразия и сохранения генетических ресурсов. Целью наших исследований явился анализ линейной структуры, генетического полиморфизма русской тяжеловозной породы лошадей на молекулярно-генетическом уровне и оценка генетического разнообразия популяции. Материалом для исследований служили генетические сертификаты с результатами тестирования по 17 локусам микросателлитной ДНК лошадей русской тяжеловозной породы. Общее количество объектов исследования составило 341 лошадь. В результате проведенных исследований установлено, что коэффициент инбридинга племенного ядра породы составляет 2,5% и на данном этапе не угрожает замыканию популяции, однако указывает на снижение генетического разнообразия. Русская тяжеловозная порода представлена 7 линиями, из которых наиболее широко используются жеребцы-производители линии Градуса (38,6%). На остальные линии приходится 61,4% жеребцов-производителей, что свидетельствует о сокращении генетического разнообразия в популяции русского тяжеловоза за счет снижения линейного разнообразия жеребцов-производителей. Анализ генотипов лошадей русской тяжеловозной породы по 17 локусам микросателлитов ДНК позволил идентифицировать 127 аллелей STR локусов. В породе встречаются аллели 16 типов: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U. Наибольшая частота встречаемости отмечается у аллелей HTG4 M (0,541), HTG6 O (0,805), HTG7 O (0,531), ASB23U (0,641), HMS3 P (0,551). Генетико-популяционный анализ показал, что в популяции русской тяжеловозной породы преобладают гомозиготные генотипы, о чем свидетельствует значение наблюдаемой гетерозиготности (0,055), меньшей по сравнению с показателем ожидаемой (0,693), а также значение индекса фиксации ($F_{is}=0,921$), который показывает наличие внутривидового инбридинга.

Ключевые слова: русская тяжеловозная порода, линия, генофонд, генетическое разнообразие, локусы микросателлитной ДНК, аллели, полиморфность, гетерозиготность, инбридинг

Цитирование: Борисова А.В., Санганаева А.В. Мониторинг генетической структуры русской тяжеловозной породы лошадей // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 105–113, doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-105-113

MONITORING THE GENETIC STRUCTURE OF THE RUSSIAN DRAFT HORSE BREED

Anna V. Borisova¹, Anastasia V. Sanganaeva²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Horse Breeding", vniik63@mail.ru, 391105, Russian Federation, Ryazan Region, Rybnovsky District, Divovo Settlement

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", asyvs@mail.ru, 196601, Russian Federation, St. Petersburg, Pushkin, Petersburgskoye shosse, 2

Abstract. The Russian heavy horse breed is the most common draft horse breed in the Russian Federation due to its unpretentiousness, versatility of use and a number of valuable economic qualities. At present, the breed's gene pool is limited, with only 187 breeding stud mare and 44 stallions. The issue of assessing genetic diversity and the conservation of genetic resources is therefore acute. The aim of our research was to analyse the linear structure, the genetic polymorphism of the Russian draft horse breed at the molecular-genetic level, and to estimate the genetic diversity of the population. The material for the research was genetic certificates with test results for 17 loci of microsatellite DNA of Russian draft horse breed horses. The total number of study subjects was 341 horses. As a result of the research carried out, the inbreeding rate of the breed nucleus was found to be 2,5% and does not threaten the closure of the population at this stage, but does indicate a reduction in genetic diversity. The Russian draft breed is represented by 7 lines, of which the stallions of the Gradus line are the most widely used (38,6%). The remaining lines account for 61,4% of stallions, which indicates a reduction in genetic diversity in the population of the Russian draft horse due to a decrease in the linear diversity of stallions. Analysis of the genotypes of Russian draft horses for 17 loci of DNA microsatellites made it possible to identify 127 alleles of STR loci. There are 16 types of alleles in the breed: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U. The highest frequency of occurrence is noted for alleles HTG4 M (0,541), HTG6 O (0,805), HTG7 O (0,531), ASB23U (0,641), HMS3 P (0,551). The genetic-population analysis showed that homozygous genotypes predominate in the Russian draft horse breed population, as evidenced by the value of the observed heterozygosity (0,055), lower than the expected value (0,693), as well as the fixation index ($F_{is}=0,921$), which shows the presence of intrapopulation inbreeding.

Keywords: Russian draft horse breed, line, gene pool, genetic diversity, microsatellite DNA loci, alleles, polymorphism, heterozygosity, inbreeding

Citation. Borisova, A.V., Sanganaeva, A.V. (2023), “Monitoring the genetic structure of the Russian draft horse breed”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 105–113 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-105-113

Введение. В настоящее время русская тяжеловозная порода является самой распространенной среди тяжелоупряжных лошадей в России, что связано с универсальностью ее использования. Обладая хорошей подвижностью, производительными движениями на шаг и рыси, неприхотливостью к условиям содержания, она незаменима в фермерских хозяйствах на внутривладельческих работах. Лошадей этой породы успешно используют в продуктивном коневодстве. Они участвуют в скрещиваниях для совершенствования мясных качеств продуктивных пород лошадей. От кобыл за 7–8 месяцев лактации получают до 5000 кг молока. При своем некрупном росте русские тяжеловозы отличаются красотой форм, гармоничностью сложения, послушным и добрым нравом, живым темпераментом, что делает их идеальными лошадьми для туристического экипажного и верхового проката [1–4].

Русский тяжеловоз разводится практически во всех регионах нашей страны. Однако генофонд породы ограничен. С распадом Советского Союза утрачены Новоалександровский, Мстиславский конные заводы, оказавшиеся на территории другой страны, Красноармейский – обанкротился. В Куединском конном заводе практически вдвое сократилось поголовье тяжеловозных лошадей [3–6].

В последние десятилетия тяжелоупряжные лошади не востребованы в той мере, что в советское время, когда без лошадей невозможно было обойтись в сельском хозяйстве, поэтому происходит активное сокращение поголовья. В связи с этим остро стоит проблема оценки генетического разнообразия и сохранения генетических ресурсов [3–6].

Оценить биологическое разнообразие популяций, изучить генетическое сходство пород, а также контролировать происхождение лошадей возможно методом микросателлитного анализа ДНК [7–12].

Цель исследования – проанализировать линейную структуру, генетический полиморфизм русской тяжеловозной породы лошадей на молекулярно-генетическом уровне и определить генетическое разнообразие популяции.

Материалы, методы и объекты исследований. Для проведения мониторинга биологического разнообразия в русской тяжеловозной породе проанализирована генетическая структура породы, в том числе по локусам микросателлитов ДНК. Материалом для исследований служили генетические сертификаты с результатами тестирования по 17 локусам микросателлитной ДНК лошадей русской тяжеловозной породы. Генотипирование ДНК биологического материала лошадей проводили в лабораториях: генетики ФГБНУ «ВНИИ коневодства», молекулярно-генетической экспертизы ООО «Гордиз», молекулярно-генетической экспертизы ООО «Биоген Тест».

Объект исследований – 341 лошадь русской тяжеловозной породы, зарегистрированная в ГПК, принадлежащая СПК ПКЗ «Вологодский», ООО «Дружба», племенному заводу «Семёновский», государственной конюшне с ипподромом «Оренбургская» и ряду частных коневладельцев.

Генетико-популяционный анализ проводили на основе рекомендаций Храбровой Л.А. «Методы оценки генетического разнообразия и степени генотипического сходства лошадей заводских и местных пород» (2011).

Были рассчитаны следующие показатели: частота встречаемости аллелей и генотипов, уровень полиморфности (Ae). Коэффициенты внутривидового инбридинга Fis и генетической дифференциации пород Fst оценивали с применением методов F-статистики и использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010.

Результаты исследований. Русская тяжеловозная порода в настоящее время относится к породам с ограниченным генофондом и насчитывает всего 187 племенных маток и 44 жеребца-производителя. За последние 12 лет поголовье сократилось более чем на треть (32,2 %) (рис. 1).

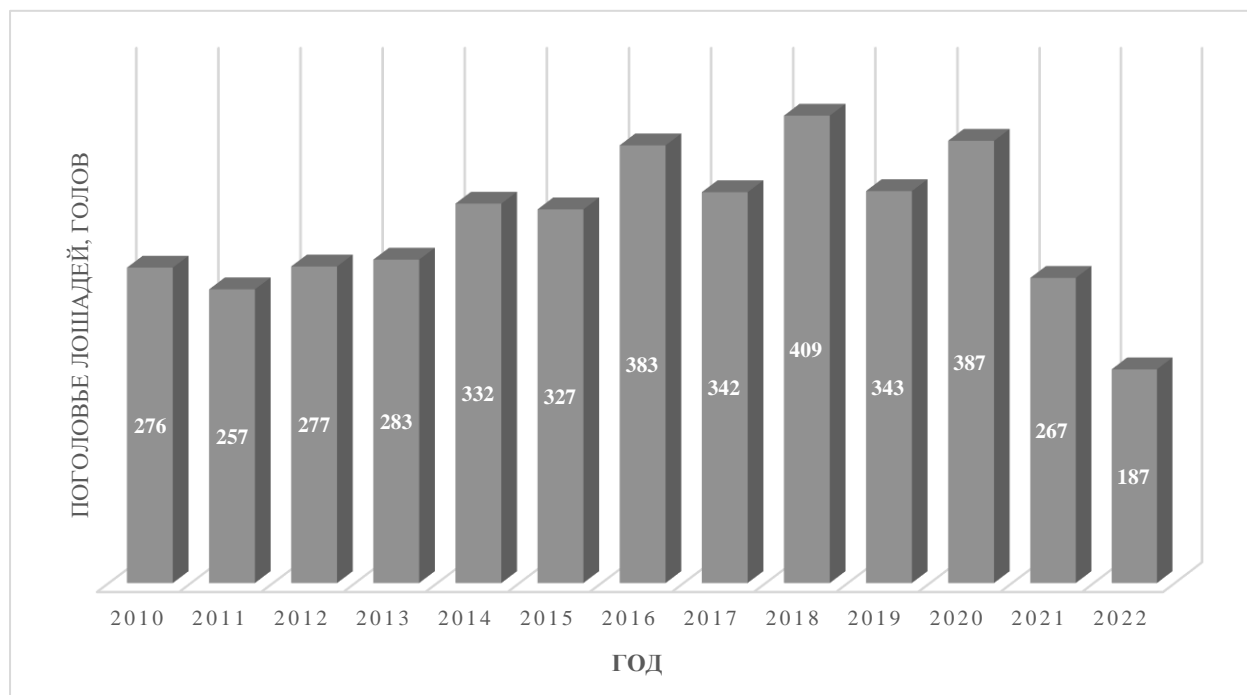


Рисунок 1. Динамика численности племенного поголовья русской тяжеловозной породы
 Figure 1. Dynamics of the number of breeding stock of the Russian heavy draft breed

В связи с ограниченностью популяции и чистопородным разведением лошадей неизбежно нарастание инбредности (табл. 1). За период с 2000 по 2022 гг. коэффициент инбридинга племенного поголовья русской тяжеловозной породы возрос практически в 2 раза – с 1,3 до 2,5%.

Таблица 1. Коэффициент инбридинга племенного ядра лошадей русской тяжеловозной породы
 Table 1. Inbreeding coefficient of the breeding core of horses of the Russian heavy draft breed

Год	Количество голов	Коэффициент инбридинга (f), %
2000	430	1,3
2004	454	1,5
2018	403	2,1
2022	319	2,5

Показатель уровня инбридинга, составляющий 2,5%, свидетельствует об отсутствии генетического замыкания в русской тяжеловозной породе, что напрямую связано с достаточно большим числом линий, несмотря на ограниченность популяции (табл. 2).

Таблица 2. Динамика линейной структуры жеребцов-производителей русской тяжеловозной породы в период с 1972 по 2022 гг.

Table 2. Dynamics of the linear structure of stallions-producers of the Russian heavy draft breed in the period from 1972 to 2022

Линия	Количество производителей, голов					
	1972 г.	1985 г.	1990 г.	2004 г.	2010 г.	2022 г.
Караула	94	14	12	3	2	–
Лазутчика	–	23	9	3	–	–
Ларчика	67	4	2	–	–	–
Рубикона	26	8	2	12	4	5
Поденщика	89	17	14	26	7	8
Капитэна	126	12	5	1	2	2
Рубина	32	5	6	4	2	1
Газона	60	2	2	–	–	–
Градуса	–	–	14	15	16	17
Коварного	–	20	21	15	4	8
Свиста	–	–	11	7	8	3
Всего жеребцов-производителей	494	105	98	86	45	44

Из данных табл. 2 следует, что наибольшее число линий функционировало в 1990 г. – 11 линий. За период 1990–2022 гг. общее число линий снизилось до 7. Генеалогическая структура породы, представленная мужскими линиями, находится в постоянной динамике; старые линии, не отвечающие требованиям отбора, исчезают или уходят в «матки». В современном составе нет представителей линий Караула, Лазутчика, Ларчика, Газона, а линия Рубикона представлена всего одним жеребцом-производителем. Наиболее многочисленной в настоящее время является линия Градуса. 17 жеребцов-производителей (38,6%) представлены этой линией. Несмотря на то, что линия Градуса считается лучшей в породе, такое большое количество ее представителей значительно сокращает генетическое разнообразие, которое со временем может привести к негативным последствиям.

За прошедшие 50 лет значительно сократилось число жеребцов-производителей разных линий – с 494 до 44 голов (в 11 раз). Можно констатировать, что происходит сокращение генетического разнообразия в породе за счет жеребцов-производителей и отсутствия целенаправленной работы по обеспечению хозяйств высококачественными продолжателями разных линий, что может привести к их утрате.

Резервом для поддержания биологического разнообразия являются многолинейность в породе – до 4–5 линий в каждом заводе – и значительное количество жеребцов-отцов кобыл. Особую актуальность приобретает проблема сохранения внутривидового генетического разнообразия.

При анализе генотипов лошадей по 17 локусам были идентифицированы 127 аллелей STR локусов (табл. 3). Из данных табл. 3 следует, что в русской тяжеловозной породе встречаются аллели 16 типов: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U. Наибольшая частота встречаемости отмечается у аллелей HTG4 M (0,541), HTG6 O (0,805), HTG7 O (0,531), ASB23U (0,641), HMS3 P (0,551).

Таблица 3. Частота встречаемости аллелей у лошадей русской тяжеловозной породы
Table 3. Frequency of occurrence of alleles in horses of the Russian draft breed

Аллели	Локусы																
	VHL20	HTG4	AHT4	HMS7	HTG6	AHT5	HMS6	ASB23	ASB2	HTG10	HTG7	HMS3	HMS2	ASB17	LEX3	HMS1	CA425
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,122	0,001		
G	-	-	-	-	0,016	-	-	0,004	-	-	-	-	-				0,151
H	-	-	0,107	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001	0,384	0,006	0,034		
I	0,084	-	0,034	-	0,128	0,051		0,018	0,063	0,034	-	-	0,188	0,006			
J	0,096	-	0,425	0,110	0,004	0,240	-	-	-	-	-	-	0,034			0,129	0,180
K	-	0,006	0,063	0,035	-	0,195	0,003	0,072	0,177	0,101	0,109	-	0,041	0,010	0,001	0,177	0,001
L	0,006	0,167	-	0,194	-	0,107	0,391	0,004	-	0,009	-	-	0,028	0,138	0,064	0,034	0,038
M	0,109	0,541	-	0,153	0,001	0,089	0,069	-	0,167	0,407	0,186	0,008	0,201	0,189	0,296	0,651	0,119
N	0,029	-	-	0,242	0,044	0,148	-	-	0,447	0,097	0,122	0,173	0,004	0,293	0,119	0,007	0,496
O	0,129	0,170	0,370	0,099	0,805	0,151	0,209	-	0,007	0,177	0,531	0,012	-	0,004	0,125		0,001
P	0,101	0,116	-	-	-	-	0,323	-	0,007	0,009	-	0,551	-		0,240	0,001	
Q	0,342	-	-	0,160	-	-	0,001	-	0,056	0,003	-	0,109	-	0,109			
R	0,098	-	0,001	-	0,001	-	-	-	-	0,004	-	0,139	0,029	0,065	0,001		
S	0,001	-	-	-	-	-	-	0,262	-	0,006	-	-	-	0,035			
T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-	-	0,021			
U	-	-	-	-	-	-	-	0,641	-	-	-	-	-				

Соотношение показателей ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности в породе показано в табл. 4.

Таблица 4. Генетико-популяционная характеристика русской тяжеловозной породы лошадей по 17 локусам микросателлитов ДНК

Table 4. Genetic and population characteristics of the Russian draft horse breed for 17 DNA microsatellite loci

Исследованное поголовье (n)	341
Уровень полиморфности (Ae)	3,23
Наблюдаемая гетерозиготность (Ho)	0,055
Ожидаемая гетерозиготность (He)	0,693
Индекс фиксации (Fis)	0,921

Ожидаемая гетерозиготность превышает наблюдаемую, что подтверждает инбредность популяции лошадей русской тяжеловозной породы. В популяции преобладают гомозиготные генотипы, о чем свидетельствует значение наблюдаемой гетерозиготности (0,055), меньшей по сравнению с показателем ожидаемой (0,693), а также значение индекса фиксации (Fis=0,921), который показывает наличие внутрипопуляционного инбридинга или необнаруженные нуль-аллели.

Большой интерес представляет изучение полиморфности локуса LEX3, расположенного на X-хромосоме и характеризующего генетическое разнообразие популяции по материнской стороне родословной. У лошадей русской тяжеловозной породы число аллельных вариантов локуса LEX3 было зарегистрировано 9, наиболее часто встречались аллели LEX3 M (0,296) и LEX3 P (0,240).

Выводы. Русская тяжеловозная порода относится к малочисленным, что ведет к повышению уровня гомозиготности. Коэффициент инбридинга племенного ядра породы составляет 2,5% и на данном этапе не угрожает замыканию популяции, однако указывает на снижение генетического разнообразия. В настоящее время порода представлена 7 линиями, из которых наиболее широко используются жеребцы-производители линии Градуса (38,6%). На остальные линии приходится 61,4% жеребцов-производителей, что свидетельствует о сокращении генетического разнообразия в популяции русского тяжеловоза за счет снижения линейного разнообразия жеребцов – производителей и отсутствия целенаправленной работы по обеспечению хозяйств высококачественными продолжателями разных линий, что приводит к их потере.

Анализ генотипов лошадей русской тяжеловозной породы по 17 локусам микросателлитов ДНК позволил идентифицировать 127 аллелей STR локусов. В породе встречаются аллели 16 типов: F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U. Наибольшая частота встречаемости отмечается у аллелей HTG4 M (0,541), HTG6 O (0,805), HTG7 O (0,531), ASB23U (0,641), HMS3 P (0,551).

Генетико-популяционный анализ показал, что в популяции русской тяжеловозной породы преобладают гомозиготные генотипы, о чем свидетельствует значение наблюдаемой гетерозиготности (0,055), меньшей по сравнению с показателем ожидаемой (0,693), а также значение индекса фиксации (Fis=0,921), который показывает наличие внутрипопуляционного инбридинга.

Использование полученных данных в практической селекции позволит контролировать и сохранить генетическое разнообразие в русской тяжеловозной породе, шире использовать в разведении особей, несущих редкие для породы генотипы.

Список источников литературы

1. Маркин, С.С. Роль лошади в сохранении крестьянства, традиционного уклада и человеческих ценностей современного российского общества / С. С. Маркин, С. А. Зиновьева, С. А. Козлов // Актуальные проблемы социально – гуманитарных наук: сб. статей. – Т. II. – М., 2020. – С. 180–189.
2. Борисова, А.В. Современное состояние популяции лошадей русской тяжеловозной породы с учётом требования рынка / А. В. Борисова // Современные достижения и актуальные проблемы в коневодстве: Сб. докладов междунар. науч. – практ. конф., 2019. – С. 50–53.
3. Борисова, А.В. Анализ динамики генеалогической структуры русской тяжеловозной породы лошадей за период 2004 – 2018 гг. / А. В. Борисова // Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 4. – С. 14–16.
4. Сорокина, И.И. Оценка генетического разнообразия в советской тяжеловозной породе лошадей / И. И. Сорокина, О. С. Милько, Н. В. Блохина // Коневодство и конный спорт. – 2016. – № 1 – С. 13–15.
5. Семенов, В.Г. Пожизненный удой кобыл русской тяжеловозной породы / В .Г. Семенов, Е. Д. Чиргин, А.В. Дроздова // Современные достижения ветеринарной и зоотехнической науки: перспективы развития: материалы Всерос. науч. – практ. конф. – Чебоксары, 2019. – С. 214–220.
6. Блохина, Н.В. Оценка генетического разнообразия микросателлитных локусов у лошадей тяжелоупряжных пород / Н. В. Блохина, Л. А. Храброва, А. М. Зайцев, И. С. Гавриличева // Генетика и разведение животных. – 2018. – № 2. – С. 39–44.
7. Блохина, Н.В. Генетический профиль русской тяжеловозной породы / Н. В. Блохина, А. М. Зайцев, Л.А. Храброва // Ветеринария, зоотехния и биология. – 2018. – № 3. – С. 67 – 71.
8. Shelyov, A.V. Genetic structure of different equine breeds by microsatellite DNA loci / K. V. Kopylov., S. S. Kramarenko, A. S. Kramarenko // Agricultural science and practice. – 2020. – Vol. 7. – No. 2. – pp. 4–13.
9. Machmoum, Mohamed Genetic Diversity and Population Structure of Arabian Horse Populations Using Microsatellite Markers / Machmoum Mohamed, Ismail Boujenane, Rabiaa Azelhak, Bouabid Badaoui, Daniel Petit, Mohammed Piro // Journal of Equine Veterinary Science. – 2020. – Vol. 93. – pp. 103–200.
10. Ala Amjadi, Motahareh Microsatellite Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of the Iranian Kurdish Horse / Ala Amjadi, Motahareh, Hassan Mehrbani Yeganeh, Mostafa Sadeghi, Sayed Haidar Abbas Raza , Jinneng Yang, Hamed Amirpour Najafabadi, Uzma Batool, Hamed Shoorei, Sameh A. Abdelnour, Jam Zaheer Ahmed // Journal of Equine Veterinary Science. – 2021. – Vol. 98. – pp. 103–358.

References

1. Markin, S.S., Zinovieva, S.A., Kozlov, S.A. (2020), Rol' loshadi v sohranении krest'yanstva, tradicionnogo uklada i chelovecheskih cennostej sovremennogo rossijskogo obshchestva [The role of the horse in the preservation of the peasantry, the traditional way of life and human values of modern Russian society], Moskva, pp. 180–189. (in Russ.).
2. Borisova, A.V. (2019), Sovremennoe sostoyanie populyacii loshadej russkoj tyazhelovoznoj porody s uchyotom trebovaniya rynka [The current state of the population of horses of the Russian heavy draft breed, taking into account the requirements of the market], Modern achievements and current problems in horse breeding. Collection of reports of the international scientific – practical conference, pp. 50–53. (in Russ.).
3. Borisova, A.V. (2019), Analiz dinamiki genealogicheskoy struktury russkoj tyazhelovoznoj porody loshadej za period 2004–2018 gg. [Analysis of the dynamics of the genealogical structure of the Russian heavy horse breed for the period 2004–2018], Horse breeding and equestrian sport, no. 4, pp. 14–16. (in Russ.).

4. Sorokina, I.I., Milko, O.S., Blokhina, N. V. (2016), Ocenka geneticheskogo raznoobraziya v sovetskoj tyazhelovoznoj porode loshadej [Assessment of genetic diversity in the Soviet draft horse breed], Horse breeding and equestrian sport, no. 1, pp. 13–15. (in Russ.).
5. Semenov, V.G., Chirgin, E.D., Drozdova, A.V. (2019), Pozhiznennyj udoy kobyly russkoj tyazhelovoznoj porody [Lifetime milk yield of mares of the Russian heavy draft breed], Modern achievements of veterinary and zootechnical science: development prospects. Materials of the All-Russian scientific – practical conference, Cheboksary, pp. 214–220. (in Russ.).
6. Blokhina, N.V., Khrabrova, L.A., Zaitsev, A.M., Gavrilicheva I.S. (2018), Ocenka geneticheskogo raznoobraziya mikrosatellitnyh lokusov u loshadej tyazheloupryazhnyh porod [Assessment of the genetic diversity of microsatellite loci in horses of heavy draft breeds], Genetics and animal breeding, no. 2, pp. 39–44. (in Russ.).
7. Blokhina, N.V., Zaitsev, A.M., Khrabrova, L.A. (2018), Geneticheskij profil' russkoj tyazhelovoznoj porody [Genetic profile of the Russian heavy draft breed], Veterinary science, animal husbandry and biology, no. 3, pp. 67–71. (in Russ.).
8. Khrabrova, L.A., Zaitsev, Zaitseva, M.A. (2011), Metody ocenki geneticheskogo raznoobraziya i stepeni genotipicheskogo skhodstva loshadej zavodskih i mestnyh porod [Methods for assessing genetic diversity and the degree of genotypic similarity of horses of factory and local breeds], Divovo, 25 p. (in Russ.).
9. Shelyov, A. V., Kopylov, K. V., Kramarenko, S. S., Kramarenko, A. S. (2020), Genetic structure of different equine breeds by microsatellite DNA loci, Agricultural science and practice, Vol. 7, no.2, pp. 4–13.
10. Machmoum, Mohamed, Boujenane, Ismaïl, Azelhak, Rabiaa, Badaoui, Bouabid, Petit, Daniel, Piro, Mohammed (2020), Genetic Diversity and Population Structure of Arabian Horse Populations Using Microsatellite Markers, Journal of Equine Veterinary Science, Vol. 93, pp. 103–200.
11. Amjadi, Ala, Motahareh, Hassan, Mehrbani, Yeganeh, Sadeghi, Mostafa, Haidar, Sayed Raza, Abbas, Yang, Jimeng, Amirpour Najafabadi, Hamed, Batool, Uzma, Shoorei, Hamed, Abdelnour, Sameh A., Zaheer, Jam, Motahareh, Ahmed (2021), Microsatellite Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of the Iranian Kurdish Horse, Journal of Equine Veterinary Science, Vol. 98, pp. 103–358.

Сведения об авторах

Борисова Анна Вячеславовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», spin-код: 9420-2428.

Санганаева Анастасия Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры крупного животноводства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2284-1349.

Information about the authors

Anna V. Borisova – Candidate of agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Horse Breeding", spin-code: 9420-2428.

Anastasia V. Sanganaeva – Candidate of agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Large Animal Husbandry, Federal state budgetary educational institution of higher education "Saint-Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2284-1349.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.04.2023; одобрена после рецензирования 25.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 19.04.23; approved after reviewing 25.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 636.03

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-114–120

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ВЫДЕЛЕНИЯ ООЦИТ-КУМУЛЮСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЗ ЯИЧНИКОВ ЖИВОТНЫХ ПОСЛЕ ОВАРИОЭКТОМИИ**Шульгин Илья Константинович¹, Ротарь Любовь Николаевна²,****Шульгина Валерия Денисовна³**¹ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2, ilya.shulgin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7652-966X>² ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2, valevskaya@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8151-7164>³ ООО «НОВА КОРОВА» 125212, г. Москва, Войковский муниципальный округ, ш. Ленинградское, д. 39, vluzhnyak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9538-493X>

Реферат. Вспомогательные репродуктивные технологии в животноводстве, в частности получение эмбрионов, набирают всё большую популярность в России, интерес вызывает получение эмбрионов *in vitro post mortem*. Данная процедура может быть применена в случае потери ценной особи, для обучения технологии получения эмбрионов животных *in vitro*, для постановки научных экспериментов и тестирования различных эмбриологических сред, а также для практической подготовки кадров в области биотехнологии. Объектом исследования служили яичники коров и тёлочек крупного рогатого скота голштинской породы. Целью настоящего исследования было сравнение эффективности двух постмортальных методик получения ооцит-кумулюсных комплексов (ОКК) у крупного рогатого скота после овариоэктомии (удаления яичников). Нами был проведён эксперимент, в котором сравнивались методики фолликулярной аспирации и овариальной резекции. Всего в эксперименте было использовано 19 яичников крупного рогатого скота голштинской породы, полученных после убоя. На каждом яичнике было подсчитано количество видимых фолликулов и их диаметр, в работе использовались яичники без кист. В среднем из одного яичника методикой фолликулярной аспирации выделено 3,95 ОКК, что соответствует 47,8% от общего количества ОКК, полученных двумя методиками, применяемыми последовательно. Далее с использованием методики овариальной резекции из каждого яичника было дополнительно выделено в среднем 4,32 ОКК, что соответствует 52,2% от всех полученных ОКК. Таким образом, методика овариальной резекции оказалась эффективнее методики фолликулярной аспирации более чем в два раза и рекомендуется к применению для более высокого выхода ОКК, используемых для получения эмбрионов *in vitro post mortem*. Использование только методики овариальной резекции снижает затраты времени и расходных материалов, а также она способна показывать такие же результаты, как и использование двух этих методик последовательно.

Ключевые слова: эмбрионы *in vitro*, ооцит-кумулюсный комплекс, овариальная резекция, фолликулярная аспирация, крупный рогатый скот

Цитирование: Шульгин, И.К., Ротарь, Л.Н., Шульгина, В.Д. Сравнение методик выделения ооцит-кумулюсных комплексов из яичников животных после овариоэктомии // Известия

Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 114–120, doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-114-120

COMPARISON OF TECHNIQUES FOR EXTRACTING OOCYTE-CUMULUS COMPLEXES FROM THE OVARIES OF ANIMALS AFTER OVARIECTOMY

Илья К. Шулгин¹, Lyubov N. Rotar², Valeria D. Shulgina³

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia, ilya.shulgin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7652-966X>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia, valevskaya@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8151-7164>

³LLC «NOVA KOROVA», Moscow city, Voykovsky municipality, Leningradskoe s. 39, b. 7, room IV, 125212, Russia, vluzhnyak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9538-493X>

Abstract. Assisted reproductive technologies in animal husbandry, in particular embryo production, are gaining more and more popularity in Russia, the *in vitro post mortem* embryo production is of interest. This procedure can be applied in the case of the loss of a valuable individual, for training in the technology of obtaining animal embryos *in vitro*, for setting up scientific experiments and testing various embryological media, and for practical training in biotechnology. The ovaries of Holstein cattle and heifers were the objects of the study. The aim of this study was to compare the efficacy of two post-mortem techniques for obtaining oocyte-cumulus complexes (OCC) in cattle after ovariectomy (removal of the ovaries). We conducted an experiment comparing follicular aspiration and ovarian resection techniques. A total of 19 ovaries of Holstein cattle obtained after slaughter were used in the experiment. The number of visible follicles and their diameter were counted on each ovary, and ovaries without cysts were used. On average, 3.95 OCCs were isolated from one ovary by follicular aspiration, corresponding to 47.8% of the total number of OCCs obtained by the two techniques used in series. Then, using the ovarian resection technique, an average of 4.32 additional OCCs were isolated from each ovary, corresponding to 52.2% of all OCCs obtained. Thus, the ovarian resection technique has proven to be more than twice as effective as the follicular aspiration technique and is recommended for a higher yield of OCCs used for *in vitro post-mortem* embryo production. Using the ovarian resection technique alone reduces time and consumable costs, and is able to show the same results as using the two techniques in series.

Keywords: *in vitro* embryos, oocyte-cumulus complex, ovarian resection, follicular aspiration, cattle

Citation. Shulgin, I.K., Rotar, L.N., Shulgina, V.D. (2023), “Comparison of techniques for extracting oocyte-cumulus complexes from the ovaries of animals after ovariectomy” // *Izvestiya of St. Petersburg State Agrarian University*, vol. 71. no. 2. pp. 114–120 (In Russ) doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-114-120

Введение. Методы получения эмбрионов сельскохозяйственных животных набирают всё большую популярность в России, в том числе большой интерес вызывает получение эмбрионов *in vitro post mortem*. Данная процедура может использоваться в случае смерти высокоценной особи, при экспериментальных разработках в области эмбриологии и в процессе обучения специалистов для наработки профессиональных навыков. Из

постмортальных яичников ооцит-кумулюсные комплексы выделяют, применяя две методики: овариальную резекцию и аспирацию овариальных фолликулов. Иногда эти методики применяют последовательно. В зависимости от поставленных целей необходимо определить концептуальные различия, преимущества и недостатки принятых методик и выбрать наиболее подходящую. Доставка яичников коров с бойни в лабораторию является важным фактором, т. к. необходимо сохранить в процессе транспортировки ооциты, которые в дальнейшем будут использоваться для получения эмбрионов *in vitro* [5, 6, 7, 8, 9].

Цель исследования – сравнение эффективности двух постмортальных методик получения ооцит-кумулюсных комплексов (ОКК) у крупного рогатого скота после овариоэктомии.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом исследования служили яичники коров и тёлочек крупного рогатого скота голштинской породы. На бойне после убоя коровы из туши животного проводится извлечение яичников (овариоэктомия). Наиболее благоприятно, когда доставка яичников осуществляется в лабораторию при температуре 36–37°C, в растворе NaCl 0,9% или в стерильной герметичной таре, в пределах 1 часа. По прибытию в лабораторию с яичников удаляют остатки яйцеводов и 3 раза промывают в стерильном, подогретом до 37,5°C 0,9% растворе NaCl с добавлением 2% гентамицина (0,4 мл на 400 мл 0,9% NaCl), после чего помещают в чашку Петри с небольшим количеством среды TC-199, модифицированной гентамицином, гепарином и бычьим сывороточным альбумином (BSA) (на 400 мл TC-199 0,2 мл 2% раствора гентамицина, 2500 ЕД гепарина, 1 грамм BSA). Для работы отбирают яичники, на поверхности которых отсутствуют патологии, находящиеся в периоде фолликулярного роста или на лютеиновой стадии (с наличием желтого тела) [2].

В представленном исследовании мы проводили сравнение двух методик выделения ОКК из яичников после овариоэктомии: фолликулярной аспирации и овариальной резекции для определения наиболее удобной, быстрой и эффективной.

Методика фолликулярной аспирации

Выделение ооцит-кумулюсных комплексов для их дальнейшего созревания и оплодотворения *in vitro* может проводиться путем фолликулярной аспирации. Приспособление для извлечения яйцеклеток из фолликулов овариальной ткани представляет собой инсулиновый шприц с иглой диаметром 18G. Шприцем проводится аспирация содержимого фолликулов (фолликулярная жидкость, ооцит-кумулюсные комплексы, соматические фолликулярные клетки) [6, 8, 9, 10].

Манипуляция выполняется следующим образом: иглой прокалывается стенка фолликула и за счёт создания отрицательного давления в шприце фолликулярное содержимое попадает в шприц. Эта методика позволяет извлечь ооцит-кумулюсные комплексы из конкретных фолликулов определённого диаметра. В результате проведения фолликулярной аспирации аспират не содержит дополнительных включений в виде овариальной ткани, крови, за счёт чего снижается риск контаминации биологического материала (ОКК) в процессе работы в лаборатории.

Недостатки метода: слишком маленький диаметр некоторых фолликулов и отсутствие антральной полости не позволяют выделить ооциты методом фолликулярной аспирации. Также при использовании игл малого диаметра существует риск повреждения слоя кумулюсных клеток из-за воздействия на ОКК отрицательного давления, создаваемого в шприце, и наличия шероховатостей на внутренней поверхности инъекционной иглы [10].

Для изолированных яичников, подвергшихся овариоэктомии, аспирация фолликулярной жидкости осуществляется при помощи шприца объемом 2,0 мл с иглой 18G.

После аспирации фолликулярную жидкость помещают в чашку Петри. После завершения аспирации фолликулов каждую порцию полученной фолликулярной жидкости исследуют на наличие ОКК под микроскопом. ОКК извлекают и помещают в модифицированную среду ТС-199.

Методика овариальной резекции

Вторая методика – овариальная резекция. Резекцию проводят, помещая яичник в чашку Петри с небольшим количеством промывочной среды, разрезая его многолезвийной бритвой или скальпелем.

Устройство многолезвийной бритвы представляет собой 2 и более лезвий опасной бритвы, сложенных вместе и зафиксированных в корцанге. Яичник несколько раз рассекают лезвиями по всей его поверхности на глубину 1-2 мм. Таким образом, фолликулы вскрываются, высвобождая ооцит-кумулюсные комплексы в чашку Петри. С помощью данной методики можно достаточно быстро получить большое количество ОКК из одного яичника. Ключевое преимущество данной методики – высокая скорость работы, а также максимальный выход ОКК со всей поверхности яичника. Недостатком методики является то, что ооциты выделяются сразу из всех фолликулов, при этом невозможно идентифицировать, из какого фолликула получен тот или иной ОКК. После проведения овариальной резекции в промывочной среде, исследуемой под микроскопом, остаются ткани резецированного яичника, что усложняет поиск ОКК, а лезвие устройства начинает заметно тупиться после резекции 2-3 яичников [1].

После завершения овариальной резекции рассечённый яичник промывается в среде, после чего она исследуется на наличие гамет с использованием бинокулярной лупы [2, 3].

Результаты исследования. Нами проведён эксперимент, в котором сравнивались методики фолликулярной аспирации и овариальной резекции (таблица). Всего в эксперименте было использовано 19 яичников крупного рогатого скота голштинской породы, полученных после убоя. На каждом яичнике было подсчитано количество видимых фолликулов и их диаметр. Далее проводилась фолликулярная аспирация по методике, описанной выше. После подсчёта количества полученных ОКК методикой фолликулярной аспирации производилась овариальная резекция этих же яичников. После этого также подсчитывалось количество дополнительно полученных ОКК.

Таблица. Сравнение методик фолликулярной аспирации и овариальной резекции
Table. Comparing follicular aspiration and ovarian resection methods

Показатели	Количество видимых фолликулов				Методика фолликулярной аспирации, ОКК	Методика овариальной резекции, ОКК	Итого ОКК
	диаметр до 2 мм	диаметр 2-6 мм	диаметр 6-10 мм	фолликулов всего			
Всего	159	65	10	235	75	82	157
Среднее	8,37	3,82	2,0	12,37	3,95	4,32	8,26
Стандартное отклонение	4,45	3,47	0,71	6,02	2,22	4,58	6,39
Стандартная ошибка	1,02	0,84	0,32	1,38	0,51	1,05	1,47

На один яичник насчитывалось в среднем 12,37 фолликулов, из которых 8,37 – диаметром до 2 мм, что соответствует размерам примордиальных фолликулов, около 3,8 фолликула – диаметром 2-6 мм, что соответствует размерам преантральных фолликулов, и около 2 фолликулов – диаметром 6-10 мм, что соответствует размерам антральных и доминантных фолликулов [3, 4].

В среднем из одного яичника методикой фолликулярной аспирации получено 3,95 ОКК, что соответствует 47,8% от общего количества ОКК, полученных двумя методиками. Далее методикой овариальной резекции с каждого яичника было дополнительно получено в среднем 4,32 ОКК, что соответствует 52,2% от всех полученных ОКК.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод о том, что методика овариальной резекции эффективнее методики фолликулярной аспирации более чем в два раза и рекомендуется к применению для более высокого выхода ОКК, используемых для получения эмбрионов *in vitro post mortem*. Использование только методики овариальной резекции снижает затраты времени и расходных материалов, а также способно показывать такие же результаты, как и использование двух этих методик последовательно.

Список источников литературы

1. Патент № 2745425 С1 Российская Федерация, МПК А01N 1/00. Способ выделения и дозревания незрелых ооцит-кумулюсных комплексов из ткани яичника после овариэктомии: № 2020129262: заявл. 04.09.2020: опубл. 25.03.2021 / А. О. Кирилова, Е. С. Буняева; заявитель федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.
2. Ротарь, Л.Н. Влияние морфофункционального состояния яичников коров черно-пестрой породы на выход ооцит-кумулюсных комплексов / Л. Н. Ротарь, Е. И. Алимova, Т. Э. Позднякова // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения : сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвящённой 115-летию Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, Санкт-Петербург – Пушкин 24–26 января 2019 года. Часть I. – Санкт-Петербург – Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2019. – С. 257–260.
3. Ротарь, Л.Н., Souza, J.F. Морфологическая характеристика ооцит-кумулюсных комплексов *Bos taurus* и *Bos indicus* разного направления продуктивности // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. №3. С. 64–67. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019364-67>.
4. Симоненко, В.П., [и др.] Цитологические, цитогенетические показатели гамет, физиологическое состояние яичников коров и жизнеспособность полученных эмбрионов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2020. – № 23. – С. 13–21.
5. Aguila, L., Treulen, F., Therrien, J., Felmer, R., Valdivia, M., Smith, L.C. Oocyte Selection for In Vitro Embryo Production in Bovine Species: Noninvasive Approaches for New Challenges of Oocyte Competence. *Animals*. 2020; 10(12):2196. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10122196>.
6. Deize de Cássia Antonino, Mayara Mafra Soares, Jairo de Melo Júnior, Paula Batista de Alvarenga, Renata de Freitas Ferreira Mohallem, Carina Diniz Rocha, Luis Alberto Vieira, Aline Gomes de Souza, Marcelo Emílio Beletti, Benner Geraldo Alves, José Octavio Jacomini, Luiz Ricardo Goulart, Kele Amaral Alves, Three – dimensional levitation culture improves in-vitro growth of secondary follicles in bovine model, *Reproductive BioMedicine Online*, V. 38, I. 3, 2019, pp. 300–311, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2018.11.013>.

7. Ferré, L.B., Kjelland, M.E., Strøbech, L.B., Hyttel, P., Mermillod, P., Ross, P.J. Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods, *Animal*, V. 14, I. 5, 2020, pp. 991–1004, ISSN 1751-7311, DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>.
8. Jason, R. Herrick, Assisted reproductive technologies for endangered species conservation: developing sophisticated protocols with limited access to animals with unique reproductive mechanisms, *Biology of Reproduction*, Volume 100, Issue 5, May 2019, pp. 1158–1170, DOI: <https://doi.org/10.1093/biolre/ioz025>.
9. Martinez, E.A., Martinez, C.A., Cambra, J.M., et al. Achievements and future perspectives of embryo transfer technology in pigs. *Reprod Dom Anim*. 2019; 54 (Suppl. 4): pp. 4–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/rda.13465>.
10. Sjunnesson, Y. (2019). In vitro fertilisation in domestic mammals – a brief overview. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 125(2), pp. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.1080/03009734.2019.1697911>.

References

1. Patent № 2745425 C1 Russian Federation, MPK A01N 1/00. Method of isolation and ripening of immature oocyte-cumulus complexes from ovarian tissue after ovariectomy: No. 2020129262: application. 04.09.2020: publ. 25.03.2021 / A.O. Kirilova, E.S. Bunyaeva; applicant Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology named after Academician V.I. Kulakov" Ministry of Health of the Russian Federation.
2. Rotar, L.N. Influence of morphofunctional state of ovaries of black-motley breed cows on the yield of oocyte-cumulus complexes / L. N. Rotar, E. I. Alimova, T. E. Pozdnyakova // Scientific support of development of agroindustrial complex under import substitution: collection of scientific papers on materials of international scientific and practical conference, dedicated to the 115th anniversary of St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, 24 – 26 January 2019. Volume Part I. – St. Petersburg – Pushkin: St. Petersburg State Agrarian University, 2019. – pp. 257–260.
3. Rotar, L.N., Souza, J.F. Morphological characterization of oocyte – cumulus complexes of *Bos taurus* and *Bos indicus* of different productivity direction // *Russian Agricultural Science*. – 2019. – №3. – pp. 64–67. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019364-67>.
4. Simonenko, V.P. et al. Cytological, cytogenetic parameters of gametes, physiological state of ovaries of cows and the viability of obtained embryos // *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2020. №23. pp. 13–21.
5. Aguila, L., Treulen, F., Therrien, J., Felmer, R., Valdivia, M., Smith, L.C. Oocyte Selection for In Vitro Embryo Production in Bovine Species: Noninvasive Approaches for New Challenges of Oocyte Competence. *Animals*. 2020; 10(12):2196. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10122196>.
6. Deize de Cássia Antonino, Mayara Mafra Soares, Jairo de Melo Júnior, Paula Batista de Alvarenga, Renata de Freitas Ferreira Mohallem, Carina Diniz Rocha, Luis Alberto Vieira, Aline Gomes de Souza, Marcelo Emílio Beletti, Benner Geraldo Alves, José Octavio Jacomini, Luiz Ricardo Goulart, Kele Amaral Alves, Three – dimensional levitation culture improves in – vitro growth of secondary follicles in bovine model, *Reproductive BioMedicine Online*, V. 38, I. 3, 2019, pp. 300–311, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2018.11.013>.
7. Ferré, L.B., Kjelland, M.E., Strøbech, L.B., Hyttel, P., Mermillod, P., Ross, P.J. Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods, *Animal*, V. 14, I. 5, 2020, pp. 991–1004, ISSN 1751-7311, DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>.
8. Jason R., Herrick, Assisted reproductive technologies for endangered species conservation: developing sophisticated protocols with limited access to animals with unique reproductive mechanisms, *Biology of Reproduction*, Volume 100, Issue 5, May 2019, pp. 1158–1170, DOI: <https://doi.org/10.1093/biolre/ioz025>.

9. Martinez, E.A., Martinez, C.A., Cambra, J.M., et al. Achievements and future perspectives of embryo transfer technology in pigs. *Reprod Dom Anim.* 2019; 54 (Suppl. 4): pp. 4–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/rda.13465>.
10. Sjunnesson, Y. (2019). In vitro fertilisation in domestic mammals – a brief overview. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 125(2), pp. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.1080/03009734.2019.1697911>.

Сведения об авторах

Шульгин Илья Константинович – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», ассистент ветеринарного врача ООО «НОВА КОРОВА» spin-код: 4104-0828, AuthorID: 1108910.

Ротарь Любовь Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», ведущий эмбриолог ООО «НОВА КОРОВА» spin-код: 6515-9936, AuthorID: 1072165.

Шульгина Валерия Денисовна – ассистент эмбриолога ООО «НОВА КОРОВА» spin-код: 1854-6694, AuthorID: 1108750.

Information about the authors

Илья К. Shulgin – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", Veterinary assistant LLC «NOVA KOROVA» spin-code: 4104-0828, AuthorID: 1108910.

Lyubov N. Rotar – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Genetics, Breeding and Biotechnology of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", Lead Embryologist LLC «NOVA KOROVA» spin-code: 6515-9936, AuthorID: 1072165.

Valeriya D. Shulgina – Assistant Embryologist LLC «NOVA KOROVA» spin-code: 1854-6694, AuthorID: 1108750.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.02.2023; одобрена после рецензирования 24.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 27.02.2023; approved after reviewing 24.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 631.158:658.3454

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-121-131

ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ В МЕХАНИЗИРОВАННОМ АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Роман Владимирович Шкрабак

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2,
Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; shkrabakrv@mail.ru

Реферат. В статье обращено внимание на то, что важнейший вид деятельности в структуре ОКВЭД страны «Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство», решающей стратегическую задачу по продовольственному обеспечению народонаселения, сопровождается производственными травмами и заболеваниями. Уровень их в отрасли таков, что в последнее столетие сельское хозяйство по состоянию охраны труда стабильно занимает третье место среди худших. В основе такого положения – неполное соответствие условиям по охране труда, конституционным положениям в этой части и действующей в стране нормативно-правовой базе по проблеме. Приведенные в статье данные последних 2–3-х лет подтверждают это. Причины тому стабильны в течении всего столетия и кроются в комплексе неполного соответствия конструкций сельскохозяйственной техники, кадрового потенциала, технологий, условий и безопасности труда в отрасли системе стандартов безопасности труда (ССБТ). Кроме того, теоретико-практические аспекты проблемы, как показывает практика, нуждаются в развитии в направлении инновационных решений, блокирующих возможность реализации создаваемых указанными выше обстоятельствами потенциальных рисков в реальные. В направлении теоретико-практического решения проблемы предложена и анализируется постоянно существующая в практике АПК система «Человек – Животное – Растение – Технология – Машина – Среда». Дан анализ составляющих этой системы и особенно свойств Человека как участника системы и её единственного воодушевлённого разумного субъекта. Аналитически определены граничные контуры, в которых реализуются события. В целях улучшения ситуации предложена методология прогнозирования ситуаций, их модели и высокоэффективные инновационные решения, защищенные десятками патентов на изобретения, блокирующие возможность травмирования (приведены ссылки на конкретные патентные решения блокировок опасностей и номера авторских патентов). Обращено внимание на недостаточный уровень использования проектировщиками и разработчиками технологий, машин и оборудования массы инженерно-технических решений, предложенных профессионалами аграрных ВУЗов в части профилактики травм и аварий в АПК при использовании средств электромеханизации технологических процессов и производств.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, система «человек – животное – растение – технология – машина – среда», травматизм, теоретико-практические пути решения, номенклатура авторских патентов по способам и устройствам

Цитирование. Шкрабак Р.В. Теоретико-практические проблемы безопасности труда и инновационные пути их решения в механизированном агропромышленном производстве // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 121–131, doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-121-131

THEORETICAL AND PRACTICAL PROBLEMS OF LABOR SAFETY AND INNOVATIVE WAYS OF THEIR SOLUTION IN MECHANIZED AGRICULTURAL PRODUCTION

Roman V. Shkrabak¹

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; shkrabakrv@mail.ru

Abstract. The article draws attention to the fact that the most important type of activity in the structure of the OKVED of the country "Agriculture, hunting, forestry, fishing and fish farming", which solves the strategic task of providing food for the population, is accompanied by occupational injuries and diseases. Their level in the industry is such that in the last century, agriculture has consistently ranked third among the worst in terms of labor protection. At the heart of this provision is the incomplete compliance of the conditions and labor protection with the constitutional provisions in this part and the legal framework in force in the country on the problem. The data of the last 2-3 years presented in the article confirm this. The reasons for this have been stable throughout the century and lie in a complex of incomplete conformity between the designs of agricultural machinery, human resources, technologies, conditions and labor safety in the industry. Occupational safety system (SSBT). In addition, the theoretical and practical aspects of the problem, as practice shows, need to be developed in the direction of innovative solutions that block the possibility of realizing the potential risks created by the above circumstances into real ones. In the direction of the theoretical and practical solution of the problem, the system "Man-Animal-Plant-Technology-Machine-Environment" that constantly exists in the practice of the agro-industrial complex is proposed and analyzed. An analysis is given of the components of this system and especially the properties of a Human as a participant in the system and its only inspired rational subject. Boundary contours in which events are realized are analytically determined. In order to improve the situation, a methodology for predicting situations, their models and highly effective innovative solutions are proposed, protected by dozens of patents for inventions that block the possibility of injury (links are given to specific patent solutions for blocking hazards and numbers of copyright patents). Attention is drawn to the insufficient level of use by designers and developers of technologies, machines and equipment of a mass of engineering solutions proposed by professionals of agricultural universities in terms of preventing injuries and accidents in the agro-industrial complex when using means of electromechanization of technological processes and production.

Keywords: *agro-industrial complex, "man-animal-plant-technology-machine-environment" system, traumatism, theoretical and practical solutions, nomenclature of author's patents on methods and devices*

Citation. Shkrabak, R.V. (2023), “Theoretical and practical problems of labor safety and innovative ways of their solution in mechanized agricultural production”, *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2 pp. 121-131. (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-121-131

Введение. Механизированное агропромышленное производство успешно решает проблемы продовольственного обеспечения страны, а также тех зарубежных стран, куда экспортируется продовольствие. Успехам тружеников села способствует существенная поддержка этого направления Президентом страны [1], её Правительством [3] и Парламентом [4]. Результатом этого являются успехи в последние 5 лет и особенно в 2022 г. [5]. Динамичное развитие сельскохозяйственного производства – фундаментальной базы АПК основывается на созидательном труде сельхоз товаропроизводителей. Учитывается прогноз развития АПК до 2030 г. [2].

Созданием условий в стране для развития этого вида деятельности решается ряд важнейших задач, в числе которых: продовольственное обеспечение населения; воспитание подрастающего поколения и привитие прилежания к этому благороднейшему виду деятельности на Земле; развитие сельских территорий – фундамента и тыла государства; обеспечение их поступательного развития и самодостаточности по линии трудолюбия и успехов в части научно-производственных достижений, материального благополучия, обороны страны и решения демографической ситуации не только в стране, но и в сёлах и деревнях – в том числе и прекращение оттока из них молодёжи.

Учитывая стратегическую значимость АПК, его дальнейшее динамичное развитие, напомним, что адекватно этому развитию должны укрепляться и развиваться конституционные положения страны в части приоритета жизни и здоровья тружеников над результатами их труда. Анализ проблемы [5] показывает, что имеет место неполное соответствие условий и безопасности труда требованиям нормативно-правовой базы страны [6-9]. Следствием изложенного применительно к АПК является его третье место среди худших по охране труда в стране в течении последнего века. Такая ситуация является вызовом современному состоянию безопасности труда сельских тружеников и требует теоретико-практических обоснований эффективных путей обеспечения безопасности труда в сельскохозяйственном производстве.

Цель исследования – обоснование и разработка теоретико-практических инновационных решений по безопасности труда в механизированном агропромышленном производстве.

Достижение поставленной цели обеспечивается решением следующих задач:

- 1) анализом состояния проблемы по безопасности труда в АПК и его сельскохозяйственном производстве;
- 2) теоретическим обоснованием эффективных путей повышения безопасности труда в отрасли;
- 3) обоснованием инновационных инженерно-технических решений по обеспечению безопасности труда в механизированном сельскохозяйственном производстве.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве материалов исследований использовались результаты анализа условий и охраны труда в структурах АПК. Методами исследований являлись: методы натурного обследования, аналитико-статистического анализа и прогнозирования динамики параметров и ситуаций с обоснованием на этой основе

профилактических решений. В качестве объектов исследований использовались действующие производственные объекты животноводства (КРС), птицеводства, растениеводства и плодоовощеводства.

Результаты исследования. Реализацией цели и задач исследования предполагались учёт особенностей инновационных разработок в области безопасности труда, их комплексность, специфика производственной деятельности структур АПК по линии ОКВЭД, состояние и потребности производства в обеспечении конституционных положений в части безопасности и безвредности условий труда. Анализируя проблему, касаясь достоверных данных мониторинга её за 2021 г., отметим, что в названном году зарегистрированы 32151 несчастный случай и 4018 случаев профессиональных заболеваний. В этом количестве доля тружеников сельского и лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства составили 6,5%. Посубъектный анализ проблемы показал, что только в 28 субъектах РФ имело место снижения числа несчастных случаев на производстве по сравнению с предыдущим годом. Касаясь летальных травм, отметим, что в 2021 г. их было 1635 (больше, чем в 2020 г., на 179 случаев). Кроме того, в 2021 г. имели место и групповые несчастные случаи с числом пострадавших 5 419 человек; не обошлось и без тяжелых несчастных случаев. Характерно, что причины тому практически одни и те же десятилетиями.

Для анализируемого года не стали исключением работы во вредных и опасных условиях труда, на которых было занято 36,4% работающих; при этом источники таких условий труда стабильно одни и те же со сменой только количественных данных в их ряду. Доля работников во вредных и тяжелых условиях труда в 2021 г. составила 20,3% (против 20,2% в 2020 г.). По данным Росстата, удельный вес занятых во вредных и опасных условиях труда в сельском и лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве составил 60,6%. Следствием изложенного явился рост профессиональных заболеваний, число которых в 2021 г., по данным Росстата, составило 3999 человек, из которых 1041 – женщины. Возросло число острых и хронических заболеваний, включая смертельные исходы. Вследствие профзаболеваний и отравлений инвалидами в 2021 г. стали 222 человека, в том числе 38 женщин. В анализируемом году доля работников сельского и лесного хозяйства охоты, рыболовства и рыбоводства в профзаболеваниях составляло 1,7%.

Приведенные далее свидетельства о росте неблагоприятного положения с травматизмом и условиями труда вынуждают к более активному поиску противодействий создавшимся условиям с целью не только стабилизации, но и динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма и профессиональных заболеваний в стране в целом и обсуждаемом виде ОКВЭД. Вызвано это тем, что, как показывают вышеприведенные данные, ситуация противоречит требованиям нормативно-правовой базы в части необходимости динамичного снижения и ликвидации производственных травм и заболеваний, чем наносится существенный материальный, моральный и социальный ущерб личности и обществу. Поэтому необходим комплекс превентивных профилактических мероприятий, которые противодействовали бы обстоятельствам, приводящим к травме и заболеваниям в условиях сельскохозяйственного производства в целом и его структур в частности с учетом их особенностей.

Теоретическим анализом травмирующих факторов механизированных технологий и технических средств их реализации установлено, что производственные процессы в АПК осуществляются под влиянием основных, практически стабильных их разнообразных

составляющих системы «Человек Ч – животное Ж – растение Р – технологии Т – машина М – среда С». Вероятностная оценка влияния составляющих указанной системы характеризует возможность травмирования операторов. Отметим, что их абсолютная безопасность гарантируется при отсутствии отказов (по параметрам безопасности) каждого из составляющих системы, т. е.

$$\sum O_{cc}=0 \implies \sum B_{ч}=1, \quad (1)$$

где $\sum O_{cc}=O_{ч}+O_{м}+O_{ж}+O_{пс}+O_{р}+O_{т}$ – суммарное отсутствие отказов системы;

$O_{ч}, O_{ж}, O_{м}, O_{пс}, O_{р}, O_{т}$ – соответственно отказы ее составляющих: человека–машины–животного, составляющих производственной среды; растений, технологий;

$\sum B_{ч}$ – суммарная безопасность человека.

Отметим, что каждая из составляющих системы обладает обособленными свойствами с точки зрения безопасности в зоне производственной деятельности. Из-за кратности здесь отметим такие свойства применительно к единственно разумному составляющему системы – человеку, которому в рассмотренной системе принадлежит ряд свойств, описанных в формализованном виде зависимостью

$$Ч \in (В, С, П, Д, В_1, У, О, Р, И, Ф, Др), \quad (2)$$

где В – возраст, С – состояние здоровья, П – профессионализм, Д – дисциплинированность, V_1 – выдержка, У – умение прогнозировать предтравматические ситуации, О – умение оперативно оценивать нестандартные ситуации, Р – адекватно реагировать на ситуации (исключая возможность травмирования), И – психофизиологические особенности, Ф – физические возможности, Др – другие особенности.

Как видно, зависимость (2) включает множество разнообразных факторов, влияющих на риск травмирования: каждый из них требует описания (аналитического с определенной вероятностью) для предсказуемой реализации в части травмоопасности, над чем автором ведется работа. Анализ показывает, что все составляющие множества (2) в равной степени обладают поражающими факторами или ведут к этому. Поражающие свойства $P_{см}$ системы могут быть оценены зависимостью

$$0 \leq P_{см} \leq 1. \quad (3)$$

Как видно из (2), система имеет n поражающих факторов; это значит, что поражение может иметь место в ситуации когда

$$0 \leq P_{см} \leq (0 + \forall_{пф}), \quad (4)$$

где $\forall_{пф}$ – это любой поражающий фактор из множества n .

Обеспечение профилактики травматизма выполняется при условии, что $\forall_{пф}=0$. Последнее предполагает либо отсутствие травмоопасных ситуаций, либо отсутствие в них человека. Следовательно, векторными объектами профилактических условий являются оператор и условия труда. В работе автора применительно к различным подотраслям

проблемы в этом направлении уделено теоретико-практическое внимание на уровне инновационных решений [10].

Отметим, что оперативность решения рассматриваемых проблем обеспечивалась на основе обоснования разработки прогнозных моделей ситуаций в подотраслях АПК. В соответствии с результатами НИР научно-педагогической трудовой школы СПбГАУ обоснованы такие модели краткосрочного (до 4 лет), среднесрочного (до 7 лет) и долгосрочного прогнозирования травматизма и эффективных путей его профилактики. Авторскими исследованиями доказана правомерность моделей на основе линейной регрессии для краткосрочного и среднесрочного периода и экспоненциальной модели – на долгосрочный период.

Результаты этих исследований для долгосрочного периода по общему числу пострадавших на производстве в сельском и лесном хозяйстве, охоте приведены на рис. 1 для 12-летнего периода с базой прогноза и его результаты (см. рис. 1). По годам выбран период с достоверными данными по общему травматизму в отрасли с целью сопоставления расчетных данных с практикой.

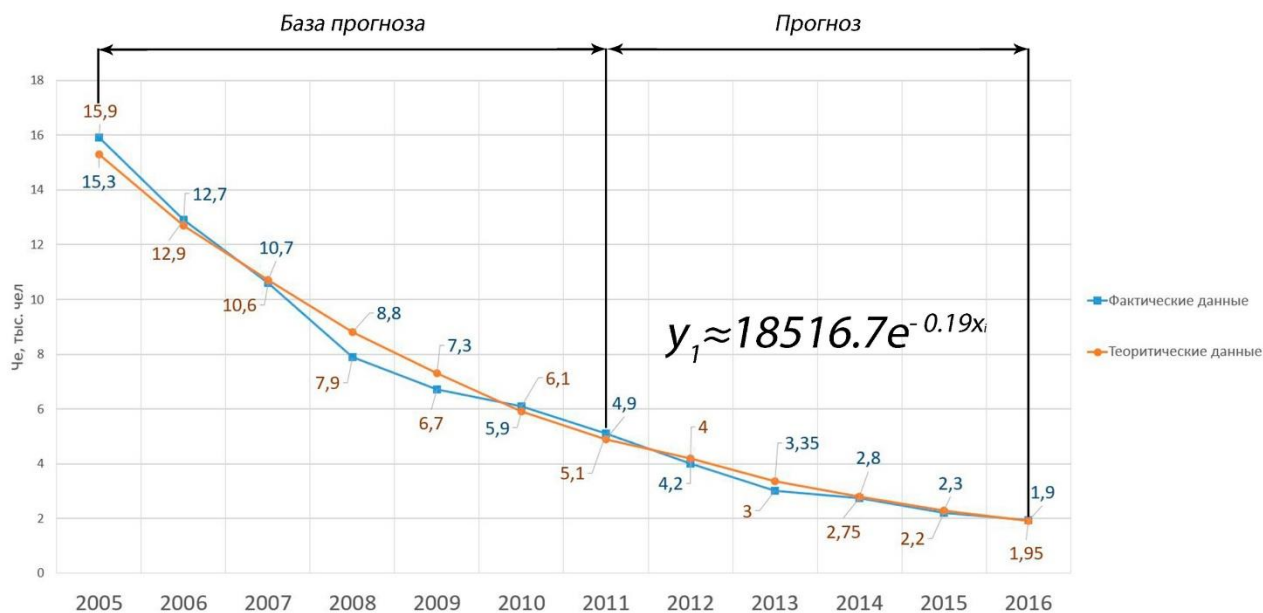


Рисунок. Динамика общего числа γ_i пострадавших на производстве в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве за 2005-2011 гг. и прогноз на 2012-2016 гг.

Picture. Dynamics of the total number of emergency victims at work in agriculture, hunting and forestry for 2005-2011 and forecast for 2012-2016.

В результате теоретического анализа проблемы обоснована прогнозная модель динамики, анализа и прогноза общего числа γ_i пострадавших на производстве в сельском и лесном хозяйстве и охоте страны за анализируемые годы; общий вид ее

$$\gamma_i = a * e^{-b \cdot X_1} = 18516,7 * e^{-0,19X_1}, \quad (5)$$

где a и b – коэффициенты экспоненты линий регрессии, а X_1 – годы анализа.

В результате получено 7 моделей прогноза для базы прогноза (рис. 1) и 5 моделей для прогнозируемой динамики травматизма в отрасли. Также на графике приведены расчетные и

практические данные по травматизму за анализируемые периоды (годы). Расхождения между расчетными и фактическими данными находятся в пределах 5–6%, что вполне приемлемо.

Аналогичные исследования выполнены по подотролям АПК (животноводство, растениеводство, птицеводство, плодоовощеводство). На основе результатов их анализа сформирован комплекс трудовых превентивных профилактических мероприятий, которые в состоянии обеспечить динамичное снижение и в перспективе – ликвидацию производственного травматизма в отрасли. В числе этих мероприятий нормативно-правовое обеспечение проблемы, организационно-техническое, санитарно-гигиеническое, инженерно-техническое, медико-биологическое, научное, кадровое, социально-экономическое, психофизиологическое, материально-хозяйственное, финансовое и внедренческие направления.

Каждое из этих направлений обеспечивается соответствующими структурами федерального, посубъектного и муниципального уровня. Отметим, что по этим направлениям ведется работа на всех уровнях в части совершенствования путей решения проблем безопасности. Относительно нормативно-правовой базы отметим, что в последние 2 года интенсивно ведутся работы (особенно в структурах федеральных органов) по совершенствованию положений Трудового кодекса [8], ряда положений, касающихся пожарной и экологической безопасности. Решаются вопросы кадрового обеспечения проблемы по линии подготовки дипломируемых кадров в ВУЗах и СУЗах государственной и ведомственной принадлежности (подготовка, переподготовка, повышение квалификации). Решаются, хоть и менее активно, чем требуется, вопросы научного обеспечения эффективных путей профилактики травматизма, особенно тяжелого и летального. Отметим, что существенно ослаблены работы в связи с репрофилированием Орловского НИИ охраны труда в сельском хозяйстве и ослаблением его научных разработок по профилю безопасности структур АПК. ВЦОТ Минтруда России обеспечивает методические аспекты проблемы, однако вне поля зрения остаются нерешенными пласты охраны труда в отраслях ОКВЭД, особенно в АПК.

Оценка реалий современного производства АПК показывает, что требуют особого внимания вопросы организационно-технического, санитарно-гигиенического, медико-биологического, особенно инженерно-технического и финансового характера. Часть из них решается научно-педагогическими кадрами ВУЗов аграрного профиля (Санкт-Петербургского, Брянского, Южно-Уральского, Рязанского, Орловского, Московского им. Тимирязева, Воронежского и др. ГАУ, а также Ярославской и Курганской Госсельхоз академий – до перехода в систему Минобрнауки). Следует заметить, что вопросы санитарно-гигиенического, медико-биологического характера в части безопасности труда решаются применительно к отраслевым потребностям АПК сегодняшнего и перспективных запросов. В этом направлении небезуспешны результаты работы не только специализированных НИИ, но и названных выше аграрных ВУЗов в направлении СИЗ, спецодежды, спецобуви, инженерно-технического и другого обеспечения. Социально-экономические аспекты проблемы решаются ВЦОТ Минтруда РФ, а применительно к отрасли кроме названных ВУЗов – Клиским институтом охраны труда и др.

Центральным звеном проблемы являются ее научные аспекты не только в АПК. Обратим внимание и на то, что в любом из названных выше направлений приоритетным, важнейшим звеном является отраслевая направленность, где до настоящего времени

трудоохранная наука нуждалась в существенной интенсификации по всем направлениям АПК с учетом дифференциации – применительно к животным, растениям, птице, электромеханизации технологических процессов и производств, почвенно-климатическим, рельефным и другим особенностям. Особо тесные связи названных аспектов обсуждаемой проблемы важны при работе с биологическими объектами (санитарно-гигиеническое и ветеринарное обслуживание животных, птицы, пчел, технологий их содержания и использования и др.). Несмотря на некоторые успехи в этом направлении, имеющийся травматизм там диктует необходимость дальнейших целенаправленных теоретических разработок и на их основе – инновационных решений в части профилактики травм и заболеваний.

Сказанное относится и к инженерно-техническому обоснованию безопасности труда в механизированном агропромышленном производстве. Этот посыл связан с тем, что наиболее высокий уровень производственного травматизма в АПК стабильно характерен для механизаторов. Как известно, решение этих проблем в основном осуществляется производителями сельскохозяйственной техники, а проектирование безопасных технологий и инженерно-технического обеспечения их безопасности – существующими при них проектно-конструкторскими группами, которые по большей части идут по «протоптанной десятилетиями дорожке» в части неполного соответствия современному времени решений по проблемам безопасности практически по всему комплексу сельскохозяйственного машиностроения. Свидетельством тому являются опрокидывающиеся автотранспортные и другие мобильные сельскохозяйственные машины с тяжелыми последствиями, влекущие за собою летальные и тяжелые травмы операторов. Аналогичные исходы характерны для наматывания на карданные валы при реализации ряда аграрных технологий в растениеводстве, птицеводстве, плодовоовощеводстве при выполнении задач, предусмотренных агробиозооветребованиями. Десятилетиями не решаются радикально вопросы блокировки возможности травмирования карданными валами; запуска автотракторных двигателей при включенных в трансмиссии передачах. Не обеспечиваются инженерно-техническими конструктивными решениями возможности самопроизвольного скатывания автотракторных поездов и агрегатов при работах в условиях склонообразных рельефов полей и дорог; не обеспечено конструктивными решениями самопроизвольное падение кузовов самосвалов и прицепов. Отсутствуют в серийно производимой автотракторной технике блокираторы требуемых дистанций при движении транспортных потоков, ведущих к попутным столкновениям с гибелью и травмированием людей и повреждением техники; не решены в серийном производстве вопросы лобовых столкновений транспортных средств с аналогичными исходами.

Ряд технологий в животноводстве также нуждается в инженерно-технических решениях в части погрузки – разгрузки животных в транспортные средства, очистки канализационных колодцев и жиесборников. В плодовоовощеводстве особого внимания требуют работы на высоте при производстве продукции и обслуживании объектов, особенно при стеклянных крышах; профилактика электропоражений, взрывов теплотехнических объектов. Не полностью решены вопросы с дистанционным автоматическим управлением технологическими процессами, с мобильными (передвигающихся вместе с агрегатами) контурами ограничения травмоопасных зон сельскохозяйственных объектов; отсутствуют в серийном производстве методы и средства предотвращения тепловых ударов операторов

растениеводства в условиях высоких температур внешней и внутренней среды. Не в полной мере обеспечена безопасность труда в перерабатывающих отраслях АПК (особенно на участках забоя животных и мясопереработки). Нуждаются в экстренном решении вопросы автоматизации регулирования мобильных машин в соответствии с меняющимися требованиями выполняемых работ по технологическим или климатическим условиям (к примеру: сдвигание – раздвижение колес тракторов МТЗ на технологическую или транспортную колею).

Изложенная ситуация осложняется следствием неполного выполнения разработчиками-проектировщиками, изготовителями техники и проектировщиками технологий требований системы стандартов безопасности труда (ССБТ-[9]). Тем более тревожно, что (в противовес перечисленному) профессионалами ряда аграрных вузов страны разработан ряд инновационных решений (способы и устройства), испытанных с положительными результатами в лабораторных и производственных условиях, автоматически исключающие возможности травмирования операторов, возникновения аварий и их последствий. Эти решения находятся в открытом доступе, защищены сотнями патентов на изобретения, неоднократно предлагались изготовителям техники, но по непонятным причинам до сих пор не используются в производстве, несмотря на 5 решений НТС МСХ страны с рекомендациями к внедрению инновационных разработок СПбГАУ. Номенклатура их перечислена в работах автора и других профессионалов в источнике [10]. В связи со сложившейся ситуацией предельно кратко остановимся на некоторых новых решениях по их номенклатуре.

Так, в части блокировки возможного травмирования карданными валами предложено 12 запатентованных решений – одно из них изложено в патенте РФ № 2477415. Блокировки возможностей травмирования операторов при запуске двигателя при включенной скорости осуществляют посредством предложенных 7 патентных решений – одно из них см. патент РФ № 2994893. Безопасность движения транспортных средств обеспечивается на скользких несущих поверхностях 4 предложенными инновационными решениями – см., к примеру, патент РФ № 2494893. Возможность придавливания операторов кузовами самосвалов и прицепов блокируется 7 патентными решениями, в их числе, к примеру, патент РФ № 2289517. Травмирование и аварии при попутном столкновении транспортных средств исключаются предложенным энергопоглощающим буфером (Патент РФ № 127008). Лобовое (встречное) столкновение транспортных средств и тяжесть его последствий исключаются 6 авторскими патентными решениями по автоматическому управлению безопасностью движения – к примеру, патент РФ № 139992. Безопасность погрузочно-разгрузочных работ (в том числе и с животными) обеспечивается 3 патентными решениями – к примеру патент РФ № 2499696. Безопасность труда при ремонте тепличных объектов со стеклянными покрытиями обеспечивается авторским патентным решением – патент РФ № 2653877. Вопросы исключения электропоражений работников АПК обеспечиваются посредством 5 обоснованных патентных решений – в числе их патент № 159946, а профилактика взрывов теплотехнического оборудования – устройством по патенту РФ № 2443938. Вопросы дистанционного управления транспортерами на животноводческих фермах решаются посредством патента РФ № 269564. Кроме изложенного предложены десятки способов и устройств по обсуждаемой проблеме, выполненных (с участием авторов) по линии трудовой охранной научно-педагогической школы СПбГАУ (номенклатура их приведена в работе [10]).

Выводы. Изложенные результаты НИР позволяют сделать следующие выводы:

1. Анализ состояния проблемы показал, что структуры механизированных агропромышленных производств сопровождаются производственными травмами и заболеваниями; такое положение не в полной мере соответствует требованиям нормативно-правовой базы страны в части профилактики производственных травм и заболеваний.

2. Изложенная ситуация требует теоретико-практических обоснований эффективных путей повышения безопасности и безвредности труда в отрасли и широкого использования их в практике производства.

3. Результатами приведенных НИР обоснован комплекс инновационных инженерно-технических решений, способствующих динамичному снижению и в среднесрочной перспективе (5-6 лет) – ликвидации травматизма в АПК (по поименованным в статье позициям) при их использовании в производстве.

4. Необходимость использования инноваций нуждается в законодательной базе в видах ОКВЭД и особенно в АПК.

Список источников литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 02.02.2021 №400 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» (система «Гарант»).
2. Прогноз научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. (Одобен Правительственной комиссией по вопросам АПК и устойчивого развития сельских территорий 13.12.2016). – М., 2017. – 138 с.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2021 №609 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и людей на водных объектах».
4. О законодательном обеспечении развития сельско – хозяйственной науки и подготовке кадрового потенциала агропромышленного комплекса Российской Федерации. Материалы Парламентских слушаний. – М., 2022.
5. Об итогах работы АПК Российской Федерации в 2022 г. и основных задачах на 2023 г. Доклад Министра сельского хозяйства России Д.Н. Патрушева в Государственной думе 14.12.2022.
6. Всероссийский мониторинг условий охраны труда – 2022 (для субъектов РФ).
7. Конституция Российской Федерации (с учетом дополнений, внесенных Законом Российской Федерации о поправках).
8. Трудовой кодекс Российской Федерации 2022 г. (с изменениями от 19.12.2022) (Электронный ресурс).
9. ГОСТ 12.0.001 – 2013. Система стандартов безопасности труда. – ССБТ. Основные положения. – Москва, 2013.
10. Шкрабак В.С. Биобиблиографический указатель / Сост.: Н. В. Кубрицкая, Н. С. Розанова; СПбГАУ. 4 – е изд. Перераб. и доп. – СПб.: СПбГАУ, 2022. – 314 с.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of February 2, 2021 No. No. 400 “On the National Security Strategy of the Russian Federation” (“Garant” system).
2. Forecast of scientific and technical development of the agro – industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030. (Approved by the Government on agro – industrial complex and sustainable development of rural areas on December 13, 2016). Moscow, Russia, 138 p.
3. Decree of the Government of the Russian Federation of September 24, 2021 No. No. 609 “On Amendments to the State Program of the Russian Federation “Protection of the Population and Territories from Emergencies, Ensuring Fire Safety and People at Water Bodies”.

4. On legislative support for the development of agricultural science and the training of human resources for the agro – industrial complex of the Russian Federation. (2022) Materials of parliamentary hearings. Moscow, Russia.
5. On the results of the work of the agro – industrial complex of the Russian Federation in 2022 and main tasks for 2023 Report of the Minister of Agriculture of Russia D.N. Patrushev in the State Duma on December 14, 2022.
6. All – Russian monitoring of labor protection conditions – 2022 (for the subjects of the Russian Federation).
7. The Constitution of the Russian Federation (subject to additions made by the Law of the Russian Federation on Amendments).
8. Labor Code of the Russian Federation. 2022 (as amended on 12/19/2022).
9. GOST 12.0.001–2013. System of labor safety standards. – SSBT. Basic provisions. –Moscow, (in Russian).
10. Shkrabak, V.S. (2022) Bio-bibliographic index / comp.: N. V. Kubritskaya, N. S. Rozanova; SPbGAU. 4th ed. Revised and additional – St. – Pet. SPbGAU. – 314 p.

Сведения об авторах

Шкрабак Роман Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности технологических процессов и производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Information about the authors

Roman V. Shkrabak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Safety of Technological Processes and Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University".

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declares no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 30.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 677.027

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-132-144

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ЛЬНЯНЫХ ДЕЗИНТЕГРАТОРАХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ВХОДЯЩИХ И ВЫХОДЯЩИХ СЕЧЕНИЙ ВОЗДУХОВОДОВ

Роман Анатольевич Шушков¹, Виктор Александрович Смелик²,
Александр Николаевич Перекопский³

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина,
улица Шмидта, д. 2, с. Молочное, г. Вологда, 160555, Россия; roma970@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-4084-8930>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе,
д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; smelik_va@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>

³Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал ФНАЦ ВИМ, Филътровское шоссе, д. 3, п. Тярлево,
Санкт-Петербург, 196625, Россия; aperekopskii@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>

Реферат. Технологии получения однотипного и короткого волокна лубяных культур с использованием дезинтегратора на сегодняшний день являются малозатратными, но достаточно производительными, они обеспечивают снижение себестоимости производства волокна, являются конкурентоспособными и поэтому требуют более тщательного изучения. В линиях производства однотипного льноволокна и пеньки до сих пор применяются льняные дезинтеграторы и не разработан универсальный дезинтегратор – трепальная машина, устанавливаемая в линии первичной переработки лубяных культур в виде спутанной массы ломаных стеблей в волокно однотипное неориентированное, а также отходов трепания от производства трепаного льна и конопли в волокно короткое.

Представленные в настоящей статье исследования направлены на создание конструкции универсальной трепальной машины для первичной переработки лубяных культур (льна-долгунца, льна масличного и технической конопли), в т. ч. с повышенной влажностью, в однотипное волокно.

Цель исследований – изучение воздушных потоков в льняном дезинтеграторе при различных частотах вращения ротора машины для обоснования размеров входящих и выходящих сечений воздухопроводов проектируемой универсальной трепальной машины, диаметра воздуховода, отводящего костроволокнистую смесь, а также других размеров конструктивных элементов машины.

Предложено исследовать скорости и расход воздуха на входе и выходе дезинтеграторов, а т. к. эти машины отличаются размерами и конструкцией, то их аспирационные параметры могут быть различными. От их значений зависят размеры машины и, главное, эффективность поступления и удаления лубяного сырья.

По результатам проведенных экспериментов получены однофакторные регрессионные зависимости изменения скорости и расхода воздуха во всасывающем и нагнетающем сечениях

машины от частоты вращения ротора, а также определены значения конструктивных и технологических параметров: частота вращения ротора машины, расход воздуха, скорость воздуха, отношение сечения (диаметра) входного патрубка машины к её выходному сечению патрубка прямоугольного сечения, выраженному в эквивалентном диаметре.

Ключевые слова: лубяные культуры, первичная переработка, трепальная машина, воздушные потоки, скорость воздуха, расход воздуха

Цитирование. Шушков Р.А., Смелик В.А., Перекопский А.Н. Исследование воздушных потоков в льняных дезинтеграторах для определения размеров входящих и выходящих сечений воздухопроводов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 132-144. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-132-144

STUDY OF AIR FLOWS IN LINEN DISINTEGRATORS TO DETERMINE THE SIZE OF INLET AND OUTLET DUCT CROSS-SECTIONS

Roman A. Shushkov¹, Viktor A. Smelik², Aleksandr N. Perekopskiy³

¹Vologda State Dairy Farming Academy, Schmidta 2, Vologda, Molochnoe, 160555, Russia; roma970@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4084-8930>

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoe shosse, 2, St. Petersburg, Pushkin, 196601, Russia; smelik_va@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>

³Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of FSAC VIM, Fil'trovskoe shosse, 3, St. Petersburg, Tyarlevo village, 196625, Russia; aperekopskii@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>

Abstract. Technologies for producing single-type and short fibres from bast crops using a disintegrator are currently low-cost but sufficiently productive, they ensure a reduction in the cost of fibre production, are competitive and therefore need to be investigated more thoroughly. In lines for the production of single-type flax fiber and hemp, flax disintegrators are still used and a universal disintegrator - a trepanning machine installed in a line for the primary processing of bast crops as a tangled mass of broken stems into single-type non-oriented fiber, as well as waste from trepanning of flax and hemp production into short fiber - has not yet been developed. The research presented in this article is aimed at creation of a design of universal trepanning machine for primary processing of bast crops (long-staple flax, oilseed flax and technical hemp), including with high humidity, into a single-type fibre. The studies presented in this article are aimed at creating the design of a universal scutching machine for the primary processing of bast crops (linen flax, oil flax and technical hemp), including the crops with high humidity into the same type of fiber. It is proposed to investigate the air velocities and flow rates at the inlet and outlet of the disintegrators, and as these machines differ in size and design, their aspiration parameters may be different. Their values determine the size of the machine and, most importantly, the efficiency of bast raw material intake and removal. As a result of the conducted experiments the one-factor regression dependences of change of speed and air consumption in suction and discharge sections of the machine on rotor speed are received, and also values of design and technological parameters are determined: rotor speed of the machine, air

consumption, air speed, ratio of section (diameter) of inlet section of the machine to its outlet section of rectangular section, expressed in an equivalent diameter.

Keywords: *bast crops, primary processing, flaking machine, airflow, air speed, airflow rate*

Citation. Shushkov, R.A., Smelik, V.A., Perekopsky, A.N., (2023) “Study of air flows in linen disintegrators to determine the size of inlet and outlet duct cross-sections”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 132-144, (In Russ.), doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-132-144

Введение. На льнозаводах существуют линии для льна, содержащие дезинтегратор. Дезинтеграторы устанавливаются в цехах первичной обработки лубяных волокон стланцевой льнотресты с целью получения короткого волокна. Принцип действия существующих дезинтеграторов в виде трепальных машин одинаков, отличаются они конструкцией корпусов, входных и выходных патрубков, конструкцией рабочих органов статора и ротора, параметрами их взаимного взаимодействия и вентиляционными устройствами.

Анализ лубяных дезинтеграторов показал [1-5], что их конструкция со временем существенно не изменялась, несущественные изменения затрагивали интенсивность воздействий и, соответственно, увеличение прочности конструкции. Не затрагивались увеличение производительности, универсальность обработки.

Изучение опыта эксплуатации дезинтеграторов на льнозаводах России и в лабораториях, различного качества отходов трепания льна-долгунца, льнотресты, а также собственные исследования лубяных дезинтеграторов позволили нам выявить их преимущества и недостатки перед другими трепальными машинами и в целом линиями однотипного волокна, а также аналогичными по технологическому процессу линиями и машинами [6].

Анализируя выявленные преимущества и недостатки [5-11], следует отметить, что дезинтегратор, включаемый в различные малозатратные линии, является эффективным и перспективным оборудованием, используя преимущества и исключив недостатки которого, можно создать уникальную универсальную машину для первичной обработки лубяных волокон. Она отдельно и в составе различных малозатратных поточных линий может перерабатывать любое лубяное сырье с высокой производительностью в высококачественное волокно, в т. ч. и сырьё с повышенной влажностью.

В литературе [2-11] отсутствуют данные о скоростях и расходе воздуха на входе и выходе дезинтеграторов, а т. к. эти машины отличаются размерами и конструкцией, то их аспирационные параметры могут быть различными. От их значений зависят размеры машины и, главное, эффективность поступления и удаления лубяного сырья.

Цель исследования – изучить воздушные потоки в лубяном дезинтеграторе при различных частотах вращения ротора машины для обоснования размеров входящих и выходящих сечений воздухопроводов проектируемой универсальной трепальной машины, диаметра воздуховода, отводящего костроволокнистую смесь, а также других размеров конструктивных элементов машины. Используя исследования, обосновать диапазон рациональной частоты вращения рабочего органа.

Материалы, методы и объекты исследований. С помощью электронного анемометра у дезинтегратора КГТУ замеряли скорость во входящем и выходящем патрубках, причем выходящий патрубок имел два сечения, а именно диаметром 150 мм (в соответствии с рисунком 1 а, в, г) и сечением 400×210 мм (диаметр эквивалентный 275 мм, в соответствии с рисунком 1 б).



Рисунок 1. Вид исследуемого дезинтегратора:

- а) вид с выходным патрубком диаметром 150 мм – сужение сечения на нагнетании;
- б) вид с выходным патрубком сечением 400×210 мм (эквивалентный диаметр 275 мм) - без сужения на нагнетании

Figure 1. View of the investigated disintegrator:

- a) view with an outlet hose with a diameter of 150 mm – a narrowing of the section at the discharge;
- b) view with an outlet hose with a cross section of 400×210 mm (equivalent diameter 275 mm) – without a narrowing at the discharge

Расположение бил на статоре и роторе показано в соответствии с рис. 2. Входное отверстие имело диаметр 400 мм.



Рисунок 2. Вид ротора (справа) и статора (слева) исследуемого дезинтегратора
 Figure 2. View of the rotor (right) and stator (left) of the investigated disintegrator

Результаты исследований. Результаты исследований представлены в соответствии с таблицами 1, 2 и рисунками 3 и 4.

Таблица 1. Скорости v (м/с) и расходы воздуха V (м³/ч) на входе в дезинтегратор и на выходе из него при различной частоте вращения ротора при диаметре выходного отверстия 150 мм
 Table 1. Velocity v (m/s) and air consumption V (m³/h) at the inlet to the disintegrator and at the outlet from it at different rotor speeds with an outlet diameter of 150 mm

Номер точки замера	Частота вращения ротора дезинтегратора, мин. ⁻¹									
	600		800		1000		1200		1400	
Вход (всасывание), $F = 0,1256 \text{ м}^2$, диаметр 400 мм										
	v	V	v	V	v	V	v	V	v	V
1	3,7	1673	3,8	1718	4,6	2080	5,2	2351	6,4	2894
2	3,4	1537	4,4	1990	5,5	2489	7,3	3301	7,8	3527
3	3,0	1356	4,3	1944	5,5	2489	5,9	2668	7,4	3346
4	3,2	1447	4,2	1899	5,3	2396	6,4	2894	7,5	3391
5	2,7	1221	3,6	1628	4,8	2170	5,5	2489	6,3	2849
Среднее	3,2	1447	4,1	1854	5,1	2306	6,1	2758	7,1	3210
Выход (нагнетание), $F = 0,0177 \text{ м}^2$, диаметр 150 мм										
1	15-16	1020	20-22	1402	23-27	1771	34	2166	40	2649

Анализ рис. 3 и 4 показывает, что сечение выходного отверстия трепальной машины не должно быть меньше эквивалентного диаметра 275 мм или эквивалентного к нему сечения 400×210 мм. Снижение выходного сечения до диаметра 150 мм уменьшает расход воздуха в

2,0-2,5 раза (в соответствии с рис. 3 б и 4 б), а как известно, нужно стремиться к большему расходу воздуха, поэтому нельзя сужать сечение воздуховода на выходе из дезинтегратора, как показано в соответствии с рис. 1 а, в, г.

Таблица 2. Скорости v (м/с) и расходы воздуха V (м³/ч) на входе в дезинтегратор и на выходе из него при различной частоте вращения ротора при эквивалентном диаметре выходного отверстия 275 мм (сечение прямоугольное 400×210 мм)

Table 2. Velocity v (m/s) and air consumption V (m³/h) at the inlet to and outlet of the disintegrator at different rotor speeds with an equivalent outlet diameter of 275 mm (rectangular section 400×210 mm)

Номер точки замера	Частота вращения ротора дезинтегратора, мин. ⁻¹									
	600		800		1000		1200		1400	
Вход (всасывание), $F = 0,1256 \text{ м}^2$, диаметр 400 мм										
	v	V	v	V	v	V	v	V	v	V
1	6,5	2939	9,0	4069	10,4	4702	14,0	6330	16,0	7235
2	8,5	3843	11,0	4974	13,4	6059	16,2	7325	19,0	8591
3	8,6	3889	10,5	4748	14,2	6421	16,7	7551	20,0	9043
4	8,5	3843	11,0	4974	13,5	6104	17,0	7687	19,5	8817
5	7,7	3482	9,0	4069	11,8	5335	13,6	6149	16,0	7235
Среднее	8,0	3599	8,5	4567	12,7	5724	15,5	7008	18,1	8184
Выход (нагнетание), $F = 0,084 \text{ м}^2$, сечение 400×210 мм										
1	11,5	3643	15,5	4910	19,3	6114	23,5	7445	27,5	8712
2	11,5	3643	15,5	4910	18,7	5924	22,8	7223	27,5	8712
3	11,0	3489	15,0	4752	17,3	5481	22,2	7033	36,5	1156
4	9,7	3073	12,3	3897	15,8	5005	18,3	5797	21,5	6811
5	4,0	1267	5,3	1679	6,5	2059	7,5	2376	8,5	2693
6	5,7	1806	7,3	2313	9,4	2978	12,0	3802	13,5	4277
7	9,0	2851	12,0	3802	11,8	3738	17,5	5544	21,0	6653
8	11,2	3548	15,0	4752	14,7	4657	23,0	7286	27,0	8554
9	9,0	2851	11,8	3738	15,9	5037	19,3	6114	21,0	6653
Среднее	9,2	2908	12,2	3861	14,4	4555	18,5	5847	22,7	6024

В первом варианте наших исследований эквивалентный диаметр выходного сечения существенно занижен в 1,8 раза, т. е. 275/150 (в соответствии с рисунками 1 а, в, г), чего не следует допускать при разработке машин аналогичного принципа действия.

Если учесть, что чаще всего частота вращения ротора вентилятора дезинтеграторов составляет 1000 мин.^{-1} , то расход воздуха от $5700 \text{ м}^3/\text{ч}$. (в соответствии с рисунками 3 б и 4 б) на всасывании и до $4500 \text{ м}^3/\text{ч}$. на нагнетании, при этом скорость воздуха на всасывании и нагнетании достаточная для транспортирования материала, т. е. $12-14 \text{ м/с}$ и в наших исследованиях составила $12,7-14,4 \text{ м/с}$ (в соответствии с рис. 3 а и 4 а).

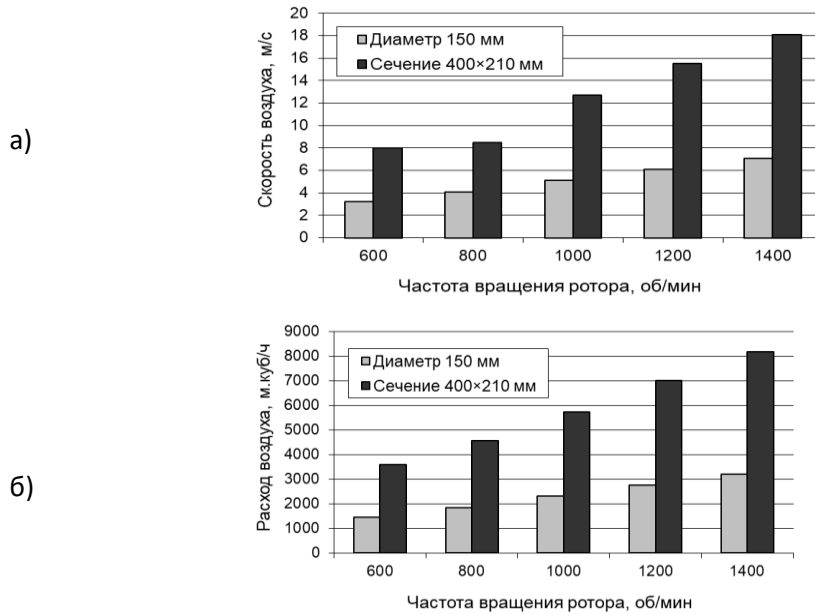


Рисунок 3. Скорость воздуха (а) и его расход (б) в льняном дезинтеграторе на всасывании в зависимости от частоты вращения ротора при различном размере выходного сечения воздуховода

Figure 3. Air speed (a) and its flow rate (b) in a linen disintegrator during suction depending on the rotor speed at different size of the outlet section of the air duct

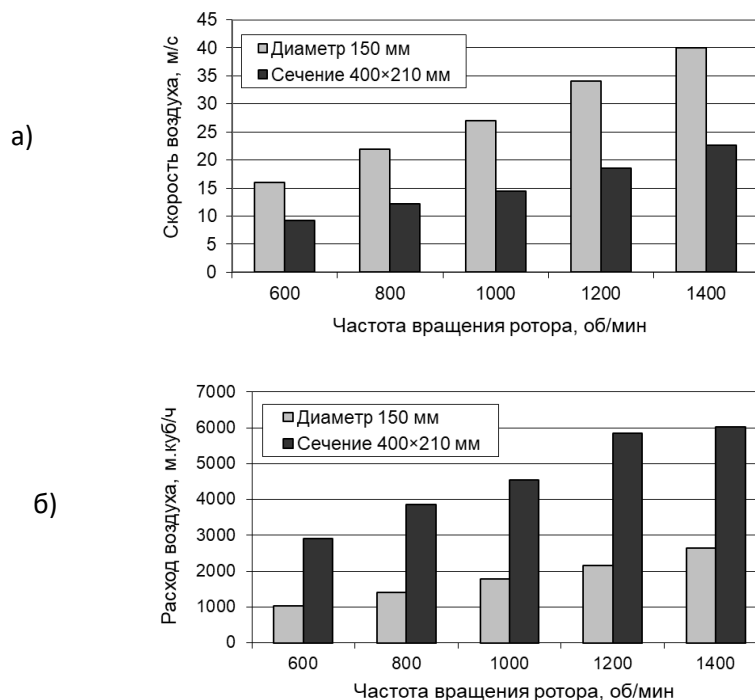


Рисунок 4. Скорость воздуха (а) и его расход (б) в льняном дезинтеграторе на нагнетании

Figure 4. Air velocity (a) and its flow rate (b) in a linen disintegrator at the discharge

Поэтому обоснованно можно заключить, что при входном диаметре 400 мм нужен диаметр выходного сечения не менее 275 мм или с эквивалентным сечением, например, 400×210 мм, при этом отношении (коэффициент) сечения (диаметра) входного отверстия к выходному сечению составит 1,5.

Частота вращения ротора трепальной машины должна быть не менее 1000-1100 мин.⁻¹, т. к. при этом обеспечивается транспортная скорость волокна равная 14 м/с (в соответствии с рис. 5).

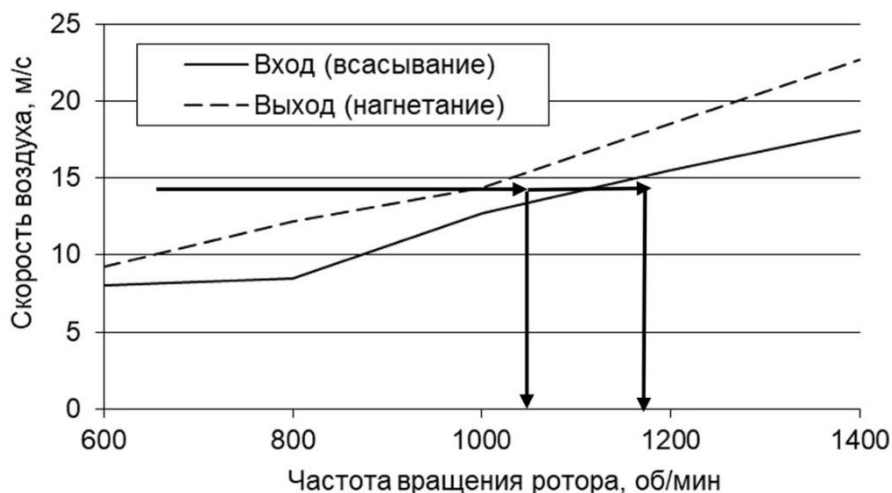


Рисунок 5. Скорость воздуха на входе и на выходе из дезинтегратора
 Figure 5. Air velocity at the inlet and outlet of the disintegrator

Эти данные получены впервые и необходимы для определения конструктивных размеров трепальной машины и регулирования частоты вращения ротора.

По результатам экспериментов в соответствии с рис. 3 и 4 для выходного сечения 400×210 мм (эквивалентный диаметр 275 мм, т. к. это значение является эффективным) с помощью программного комплекса STATISTICA 6.0 были получены однофакторные регрессионные зависимости изменения скорости и расхода воздуха во всасывающем и нагнетающем сечениях машины от частоты вращения ротора.

Скорость на всасывании машины, в м/с:

$$v = 0,0013 \cdot n_p - 0,6, R^2 = 0,98, p = 0,0015, \quad (1)$$

где n_p — частота вращения ротора, мин⁻¹.

Скорость на нагнетании машины, в м/с:

$$v = 0,0165 \cdot n_p - 1,1, R^2 = 0,96, p = 0,0031. \quad (2)$$

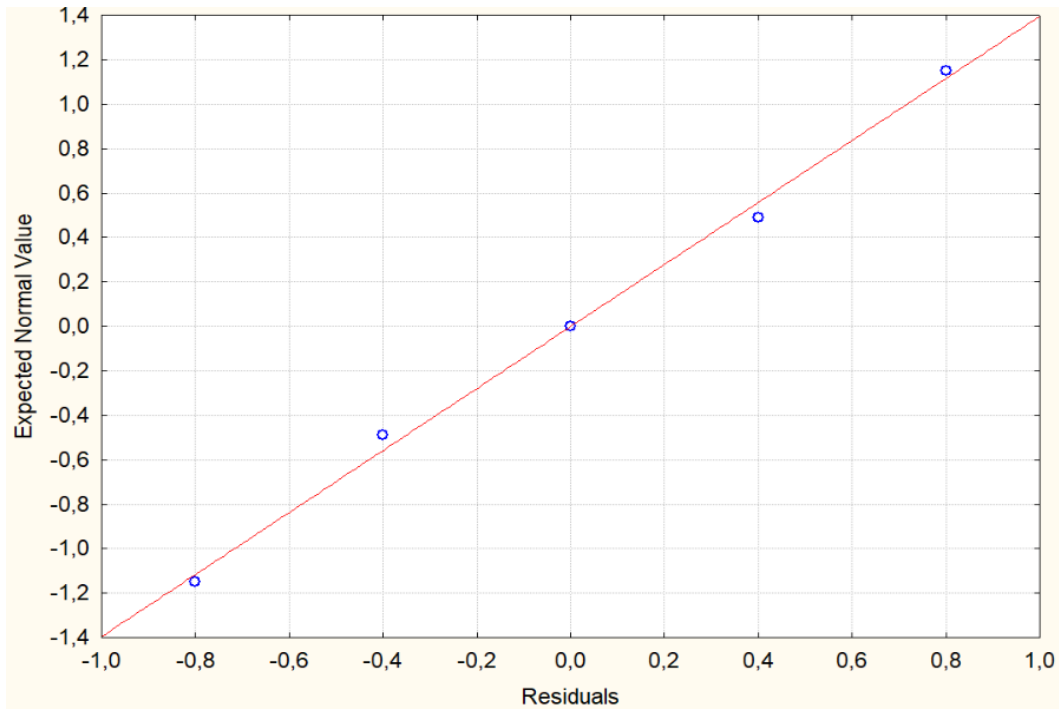
Расход воздуха на всасывании машины, в м³/ч:

$$V = 5,75 \cdot n_p - 50, R^2 = 0,99, p = 0,0018. \quad (3)$$

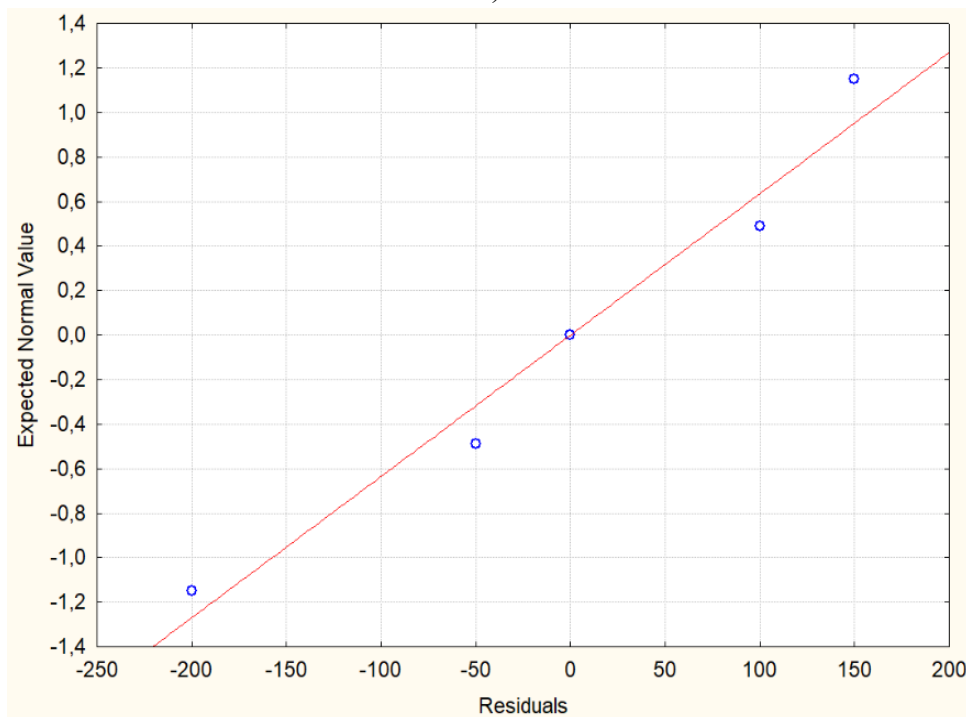
Расход воздуха на нагнетании машины, в м³/ч:

$$V = 4,95 \cdot n_p - 470, R^2 = 0,92, p = 0,01. \quad (4)$$

Адекватность полученных моделей подтверждается высокими коэффициентами детерминации R^2 , также уровнем значимости «р» меньше 0,05 и графиками остатков (в соответствии с рис. 6 и 7), из которых видно, что значения остатков близко расположены к прямой линии.



a)



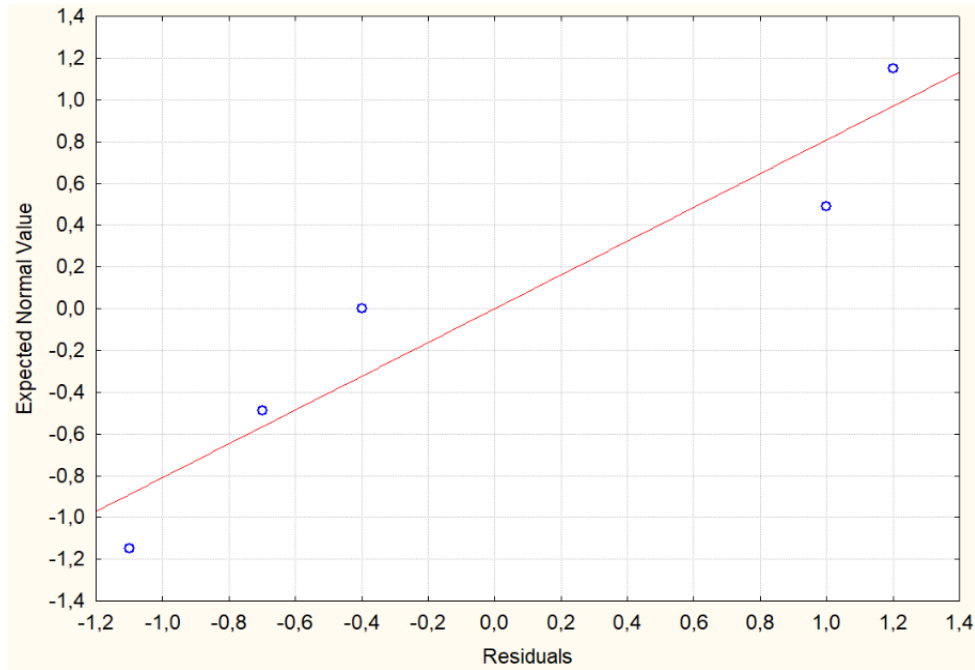
б)

Рисунок 6. График остатков скорости воздуха на всасывании с прямоугольным сечением на выходе 400×210 мм (эквивалентный диаметр 275 мм):

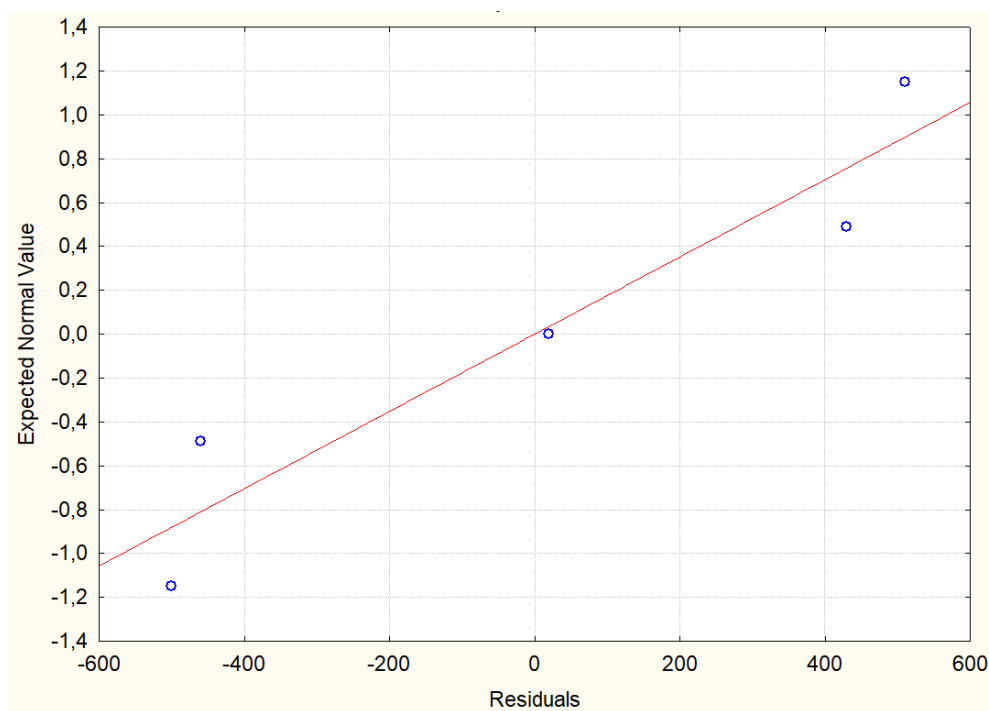
а) скорость воздуха; б) расход воздуха

Figure 6. Graph of residual air velocity at suction with a rectangular outlet section of 400×210 mm (equivalent diameter 275 mm):

a) air speed; b) air flow



a)



б)

Рисунок 7. График остатков скорости воздуха на нагнетании в прямоугольном сечении 400×210 мм (эквивалентный диаметр 275 мм):

а) скорость воздуха; б) расход воздуха

Figure 7. Graph of residual air velocity at the discharge in a rectangular section of 400×210 mm (equivalent diameter 275 mm):

a) air speed; b) air flow

Выводы. На основе научнообоснованных данных разработано техническое задание на впервые создаваемый отечественный опытный образец новой универсальной трепальной

машины для лубяных культур, для проектирования и эксплуатации которого необходимо принять следующие значения конструктивных и технологических параметров:

- частоту вращения ротора машины 1000-1200 мин.⁻¹;
- расход воздуха не менее 5000 м³/ч.;
- скорость воздуха не менее 14 м/с.;
- отношение сечения (диаметра) входного патрубка машины к ее выходному сечению патрубка прямоугольного сечения, выраженному в эквивалентном диаметре, должно составлять не более 1,5;
- вид корпуса машины (улитки) и форму гарнитуры можно принять как у дезинтеграторов льна;
- диаметр ротора и статора машины должны быть увеличены не менее, чем на коэффициент 1,1-1,2 от дезинтеграторов льна;
- выходное отверстие с прямоугольного сечения должно переходить на круглое переходником с эквивалентным диаметром входящего патрубка или как минимум с выходом на сечение не меньше самого выходного прямоугольного отверстия машины.

Список источников литературы

1. Шушков, Р.А. Исследование первичной переработки лубяных культур с повышенной влажностью / Р. А. Шушков, В. А. Смелик, А. Н. Перекопский // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (69). – С. 149–158, doi: 10.24412/2078-1318-2022-4-149-158.
2. Новиков, Э.В. Сравнительные исследования заводских технологий переработки масличного льна в короткое волокно / Э. В. Новиков, К. В. Смирнов // Вестник Костромского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (34). – С. 12–16.
3. Льнозавод по переработке масличного льна в короткое волокно на основе разработанной линии для стеблевой массы / Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко, В. Г. Внуков, Е. М. Пучков, М. М. Ковалев // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: материалы Междунар. научно-практ. конф. – Тверь: Твер. гос. ун-т. – 2016. – С. 236–245.
4. Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции / А. В. Безбабченко, Э. В. Новиков, М. М. Ковалев, Е. М. Пучков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1 (361). – С. 54–58.
5. Басова, Н.В. Анализ линий переработки технической конопли / Н. В. Басова, Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 4 (33). – С. 54–61.
6. Кубеев, Е.И. Технологии и технические средства по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур (монография) / Е. И. Кубеев, В. А. Смелик // СПб: СПбГАУ, 2011. – 210 с.
7. Research on mechanical properties and durability of flax/glass fiber bio – hybrid FRP composites laminates / L. Zhengyi, W. Hongguang, Y. Lanjie, D. Jinbo // Composite Structures. 2022. – Vol. 290.
8. Exploring the link between flexural behavior of hemp and flax stems and fibre stiffness / Requite S. et al. // Industrial Crops and Products. – 2018. – Vol. 113. – P. 179–186.
9. Смирнов, К.В. Сравнительные исследования малозатратных технологий получения однотипного и короткого льноволокна / К. В. Смирнов, Е. С. Жирнов, Э. В. Новиков // Материалы 67 – й межвузовской научно-технич. конфер. «Студенты и молодые ученые КГТУ – производству», посвященной 70-летию Великой Победы. – 2015. – Кострома; Изд – во КГТУ. – Т. 2. – С. 93–94.
10. Исследование первичной переработки масличного льна с применением инновационного агрегата КВЛ – 1М и технологических схем дополнительной обработки волокна / Е. В. Соболева, Э.В., Новиков, А.В. Безбабченко, С.В., Прокофьев, В. Г., Внуков // Аграрный научный журнал. – Саратов, 2019. – № 1. – С. 81–85.

11. On flexural properties of additive manufactured composites: experimental and numerical study / Krzikalla D., Halamar R., Mezicek J., Hajnyc J., Pagas M., Petru J., Cegan T. // *Composites science and technology*. – 2022. – Vol. 218.

References

1. Shushkov, R.A., Smelik, V.A., Perekopsky, A.N. (2022), "Investigation of primary processing of bast crops with increased humidity", *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 69, no. 4, pp. 149–158, (In Russ.) doi: 10.24412/2078-1318-2022-4-149-158.
2. Novikov, E.V., Smirnov, K.V. (2015), "Comparative studies of factory technologies for processing oilseed flax into short fiber", *Scientific Bulletin of KSTU*, no. 1 (34), pp. 12–16. (In Russ)
3. Novikov, E.V., Bezbabchenko, A.V., Vnukov, V.G., Puchkov, E.M., Kovalev, M.M. (2016), "L'nozavod po pererabotke maslichnogo l'na v korotkoe volokno na osnove razrabotannoj linii dlya steblevoj massy" [Flax plant for processing oilseed flax into a short fiber based on the developed line for stem mass], *Innovative developments in the production and processing of bast crops: materials of the International Scientific and practical Conference*, Tver, Tver. state un., pp. 236–245. (In Russian)
4. Bezbabchenko, A.V., Novikov, E.V., Kovalev, M.M., Puchkov, E.M. (2016), "Universal line for processing flax and hemp into various types of finished products", *Technology of the textile industry*, no. 1 (361), pp. 54–58. (In Russ)
5. Basova, N.V., Novikov, E.V., Bezbabchenko, A.V. (2019), "Analysis of technical hemp processing lines", *Innovations in agriculture*, no. 4 (33), pp. 54–61. (In Russ)
6. Kubeev, E.I., Smelik V.A. 2(011), "Technologies and technical means for seed pre-sowing treatment of crops" (monograph), St. Petersburg: SPbSAU, 210 p. (In Russ)
7. Zhengyi, L., Hongguang, W., Lanjie, Y., Jinbo, D. (2022), "Research on mechanical properties and durability of flax/glass fiber bio – hybrid FRP composites laminates", *Composite Structures*, vol. 290.
8. Requite S. et al. (2018), "Exploring the link between flexural behavior of hemp and flax stems and fibre stiffness", *Industrial Crops and Products*, vol. 113, pp. 179–186.
9. Smirnov, K.V., Zhirnov, E.S., Novikov, E.V. (2015), "Sravnitel'nye issledovaniya malozatratnyh tekhnologij polucheniya odnotipnogo i korotkogo l'novolokna" [Comparative studies of low-cost technologies for obtaining the same type and short flax fiber], *Materials of the 67th interuniversity scientific and technical conference "Students and young scientists of KSTU-production" dedicated to the 70th anniversary of the Great Victory*, vol. 2, Kostroma, KSTU, pp. 93–94. (In Russ)
10. Soboleva, E.V., Novikov, E.V., Bezbabchenko, A.V., Prokofiev, S.V., Vnukov, V.G. (2019), "Research of primary processing of oilseed flax using an innovative KVL-1M unit and technological schemes of additional fiber processing", *Agrarian Scientific Journal*, Saratov, no. 1, pp. 81–85. (In Russ).
11. Krzhikalla, D., Halamar, R., Mesichek, J., Khainik, J., Pagas, M., Petru, J., Cegan, T. (2022), "On the bending properties of composites made with additives: experimental and numerical study", *Science and technology of composites*, vol. 218.

Сведения об авторах

Шушков Роман Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технические системы в агробизнесе федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spm-код: 8565-3800.

Смелик Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spm-код: 2462-1130.

Перекопский Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела «Технологии и технические средства производства зерна и кормов» научно-исследовательского института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», spm-код: 5656-1108.

Information about the authors

Roman A. Shushkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 8565-3800.

Viktor A. Smelik – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2462-1130.

Alexander N. Perekopsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, leading researcher of the Department "Technologies and Technical Means of Grain and Feed Production" of the Research Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IAEP) – branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", spin-code: 5656-1108.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors state that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.04.2023; одобрена после рецензирования 13.06.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 14.04.2023; approved after reviewing 13.06.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 663.915

doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-144-153

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА КОРМА ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ В АППАРАТАХ С МАГНИТООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ ФЕРРОТЕЛ

Владимир Сергеевич Волков¹, Медведев Геннадий Валериевич²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; vol9795@yandex.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия; genatswaly@mail.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-3685-7332>

Реферат. Кормовые продукты для аквакультуры являются самыми сложными по составу и технологии производства. Аппаратурно-технологические схемы для их изготовления представляют собой цепь энергонапряженного оборудования, предназначенного для многостадийного воздействия на компоненты корма с целью обеспечения необходимого технологического результата. Рост производства аквакультуры в мире и в нашей стране, соответственно, требует наращивания производственных мощностей для обеспечения рыбопромысловой отрасли качественными кормовыми продуктами. В настоящее время наблюдается существенная зависимость кормопроизводителей от поставок дорогостоящего

импортного сырья. Стартовые корма являются необходимым гарантом наращивания производственных объемов аквакультуры. При этом к ним предъявляются строгие требования по гранулометрическому составу кормовых компонентов. Передовые производители заявляют об оптимальном размере гранул стартового корма, соответствующего 0,35 мм. Это подразумевает изыскание значительных энергетических затрат на многостадийное измельчение. Доля этих затрат составляет около 40% от общих вложений на производство. Аппараты с магнитоожигенным слоем ферротел являются инновационной разработкой ведущей научной школы Санкт-Петербурга «Эффективное использование энергии, интенсификация электротехнологических процессов» и предназначены для интенсификации аппаратурно-технологических схем агропромышленного комплекса. За счет возможности организации многофункционального воздействия на продукт в одном аппарате обеспечивается интенсификация аппаратурно-технологических схем, что выражается в значительном повышении энергоэффективности технологических линий агропромышленного комплекса. В статье представлены результаты исследования процесса переработки компонентов кормового продукта, рекомендованных отечественными исследователями как наиболее перспективных в качестве альтернативы импортному сырью в аппарате с магнитоожигенным слоем ферротел. Исследования направлены на обеспечение технологического суверенитета в рыбопромысловой отрасли с соблюдением первостепенных требований по ресурсо- и энергосбережению.

Ключевые слова: аппараты с магнитоожигенным слоем ферротел, корм для аквакультуры, продукты переработки крабов, технологический суверенитет, ресурсо- и энергосбережение

Цитирование. Волков В.С., Медведев Г.В. Интенсификация аппаратурно-технологической системы производства корма для аквакультуры в аппаратах с магнитоожигенным слоем ферротел // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 144-153. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-144-153

INTENSIFICATION OF THE APPARATUS-TECHNOLOGICAL SYSTEM FOR AQUACULTURE FEED PRODUCTION IN DEVICES WITH A MAGNETICALLY LIQUEFIED FERROTEL LAYER

Vladimir Sergeevich Volkov¹, Medvedev Gennadij Valerievich²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; vol9795@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3151-814X>

²Saint-Petersburg State Agrarian University», Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia; genatswaly@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3685-7332>

Abstract. Feed products for aquaculture are the most complex in composition and production technology. Hardware-technological schemes for their manufacture represent a chain of energy-intensive equipment designed for multi-stage impact on feed components in order to provide the required technological result. The growth of aquaculture production in the world and in our country, respectively, requires an increase in production capacity to provide the fishing industry with high-

quality feed products. Currently, there is a significant dependence of feed producers on the supply of expensive imported raw materials. Starter feeds are a necessary guarantor of increasing the production volumes of aquaculture. At the same time, they are subject to strict requirements for the granulometric composition of feed components. Leading manufacturers claim the optimal starter feed pellet size is 0.35 mm. This implies finding significant energy costs for multi-stage grinding. The share of these costs is about 40% of the total investment in production. Apparatuses with a magnetically fluidized layer of ferromagnetic bodies are an innovative development of the leading scientific school of St. Petersburg "Efficient use of energy, intensification of electrotechnological processes" and are intended for the intensification of hardware and technological schemes of the agro-industrial complex. Due to the possibility of organizing a multifunctional impact on the product in one apparatus, the intensification of hardware and technological schemes is ensured, which is expressed in a significant increase in the energy efficiency of technological lines of the agro-industrial complex. The article presents the results of a study of the processing of feed product components recommended by domestic researchers as the most promising alternative to imported raw materials in an apparatus with a magnetically fluidized bed of ferromagnetic bodies. The research is aimed at ensuring technological sovereignty in the fishing industry in compliance with the primary requirements for resource and energy saving.

Keywords: *devices with magnetically liquefied ferromagnetic bodies layer, aquaculture feed, crab processing products, technological sovereignty, resource and energy conservation*

Citation. Volkov, Medvedev, G.V. (2023) "Intensification of the apparatus-technological system for aquaculture feed production in devices with a magnetically liquefied ferrotel layer", *Izvestya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 144-153 (In Russ.). doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-144-153

Введение. Обеспечение технологического суверенитета в агропромышленном производстве является гарантом продовольственной безопасности. Аппаратурно-технологические системы производства пищевой промышленности все еще испытывают сложности, связанные с зависимостью от импортного оборудования и его комплектующих. В кормопроизводстве и особенно в схемах производства кормов для аквакультуры ощущается острая необходимость в инновационном отечественном, отвечающем современным требованиям по энерго- и ресурсосбережению оборудовании.

Имеется острая необходимость в разработке кормовых продуктов для разведения ценных пород аквакультуры, что подтверждается аналитическими данными по состоянию кормопроизводства в настоящее время, а также долгосрочными прогнозами развития рыбопромысловой отрасли.

При этом имеется значительный потенциал, основанный на разработках отечественных ведущих научных школ, способный изменить сложившуюся ситуацию. Исследователями подтверждается возможность замены дорогостоящих импортных кормовых компонентов более доступными ингредиентами местного происхождения. Однако в большинстве случаев переработка растительного и животного сырья в типовых технологических схемах предусматривает многостадийное воздействие, что повышает энергоемкость производства.

Более 40% энергетических ресурсов расходуется на процессы, связанные с измельчением компонентов, при этом использование традиционного измельчающего

оборудования не обеспечивает требований по гранулометрическим показателям, а его энергетическая эффективность не соответствует современным требованиям энергосбережения.

Инновационным направлением в области измельчения, смешения, механоактивации и классификации материалов, подлежащих переработке, является использование магнитоожигенного слоя ферротел, способствующего интенсификации аппаратурно технологических схем [1-5].

Цель исследования – выявление оптимальных параметров работы аппарата с магнитоожигенным слоем ферротел для максимальной «накачки энергией» материалов под действием механических сил.

Материалы, методы и объекты исследования. В соответствии со Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации до 2030 г. [6] (рис. 1) объем производства товарной аквакультуры в России должен составить 618 тыс. тонн, что почти вдвое больше, чем произведено продукции в 2022 г.

Зависимость производителей аквакультуры от импорта кормов оценивается от слабой до полной, что соответствует полному отсутствию аналогов кормов отечественного производства [7]. И такая ситуация в настоящее время наблюдается в производстве корма для лососевых и осетровых видов рыб (табл. 1).

Анализ рынка и производителей (по данным аналитической компании FEEDLOT) кормовых компонентов показывает, что основная их доля (до 100%) производится в Китайской Народной Республике, а также в странах Запада – Франции, Германии, Испании, Финляндии, Бельгии и Австрии.



Рисунок 1. Динамика производства товарной аквакультуры в России, тыс. тонн
 Figure 1. Dynamics of commercial aquaculture production in Russia, thousand tons

Таблица 1. Зависимость отечественных производителей аквакультуры от импортных кормов
 Table 1. Dependence of domestic aquaculture producers on imported feed

Семейство	Вид	Производство (т)	Зависимость от импортных кормов
Лососевые	Атлантический лосось	22500	полная
	Радужная форель	24173	сильная
	Тихоокеанские лососи	~ 200	сильная
Осетровые		3450	средняя
Сиговые		2746	слабая
Карповые	Карп	55905	очень слабая
	Белый амур	17245	отсутствует
	Белый толстолобик	20265	отсутствует

Кормовые продукты для аквакультуры представляют собой многокомпонентные смеси, в результате специальной обработки которых готовый продукт приобретает необходимые свойства. К основным из них относятся: питательная ценность, отсутствие крошимости и водостойкость. При этом они являются самыми концентрированными по составу и самыми сложными по технологии изготовления (табл. 2).

Таблица 2. Питательная ценность корма для аквакультуры
 Table 2. Nutritional value of feed for aquaculture

Питательные вещества	Содержание, %
Протеин	37
Жир	35
Безазотистые экстрактивные вещества	16
Клетчатка	1,8
Зола	5,6
Вода	4,6

Наиболее важным питательным веществом является белок. Его содержание в корме должно быть близким к 40%, что предопределяет необходимость включения в кормовые смеси высокобелковых компонентов. При этом белоксодержащие компоненты растительного или животного происхождения являются самыми дорогостоящими.

Наиболее требовательны к качеству кормовой базы мальки, корм которых должен соответствовать требованиям по крупности вводимых в рацион кормовых продуктов.

В соответствии с рекомендациями одного из ведущих производителей корма для рыб, размер крупки, удовлетворяющий требованиям при производстве «исключительных гранул» для первого прикорма, должен составлять 0,35 мм [8].

Такой размер крупки сокращает количество пыли и затраты корма в сравнении с гранулируемыми кормами. Питательные вещества при этом усваиваются более эффективно, а водная среда остается достаточно чистой для обитания и развития молоди.

На рис. 2 представлена технологическая схема производства высокопитательного корма для молоди рыб.

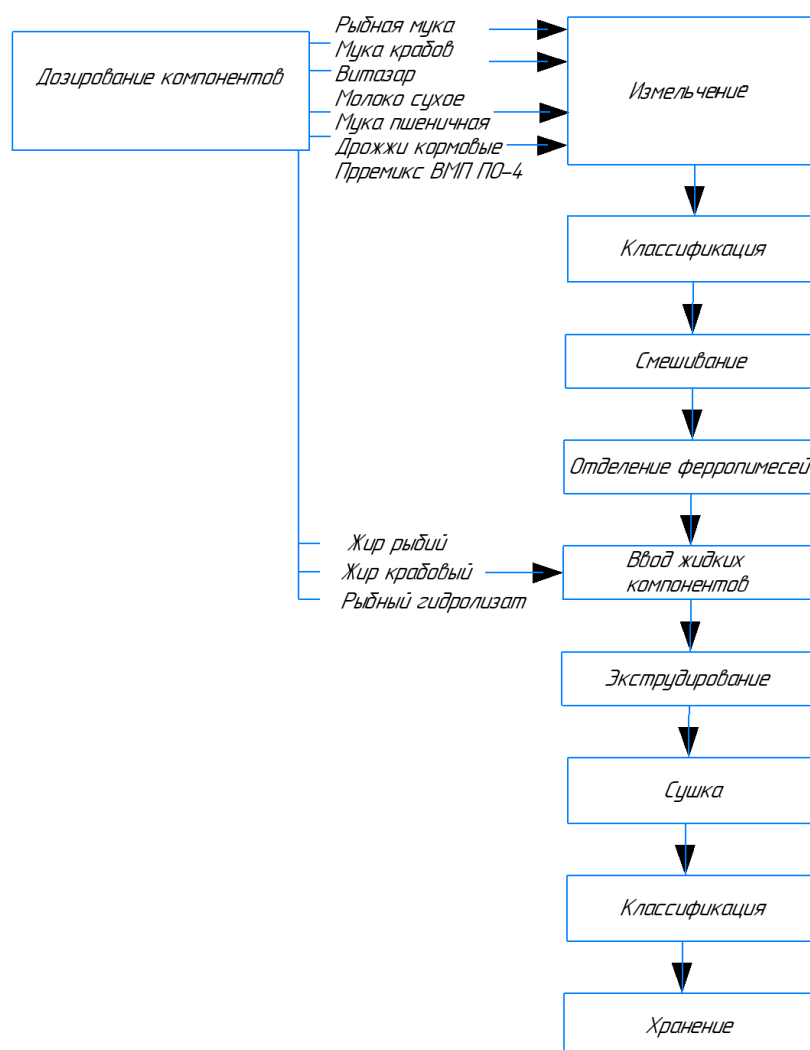


Рисунок 2. Технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов для ранней молоди рыб [Патент РФ № 2764804; Патент РФ № 2338389]

Figure 2. Technological line for the production of highly digestible feed for early juvenile fish [RF Patent No. 2764804; RF patent No. 2338389]

Мерой, повышающей питательную ценность корма, является замена части дорогостоящей рыбной муки на более выгодную по стоимости муку краба. Стартовый корм с включением крабовой муки и крабового жира обладает не только повышенными питательными свойствами, но и аттрактивным действием, что способствует лучшему поеданию кормового продукта.

Наиболее важным этапом при производстве кормовых продуктов для молоди рыб является производство компонентов с заданными размерными параметрами. Если учесть, что гранулы корма должны быть не более 0,35 мм, то размер входящих в них компонентов должен быть в пределах 70 мкм. Ровный гранулометрический состав компонентов в заданном диапазоне дисперсности является гарантом качества производимого корма. При этом традиционное измельчающее оборудование не позволяет получить продукт с заданными

свойствами за одну стадию обработки, что предъявляет требования организации многостадийного измельчения и классификации.

Использование аппаратов с магнитооживленным слоем ферротел (размольных и перемешивающих органов) (рис. 4) позволяет обеспечить высоконапряженное многоточечное воздействие на продукт и способствует «накачке энергией» частиц перерабатываемого материала при одновременном снижении энергоемкости готовой продукции.

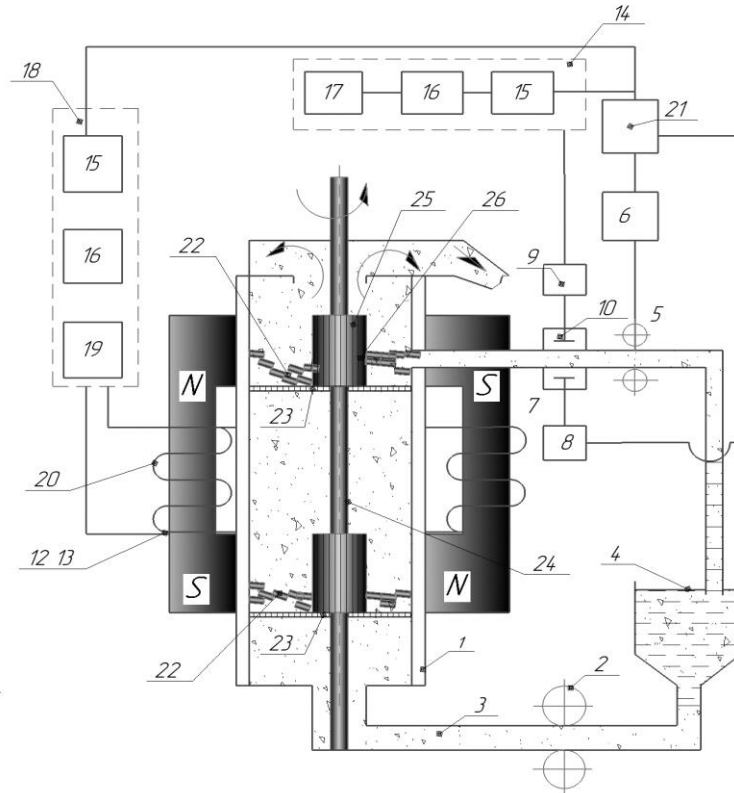


Рисунок 3. Электромагнитный механоактиватор [Патент РФ № 2031592]: 1 – корпус; 2 – насос; 3 – трубопровод; 4 – резервуар для смеси компонентов; 5 насос; 12,13 – электромагниты; 14 – система автоматического регулирования частоты вращения ротора; 18 – система автоматического управления электромагнитов; 20 – обмотка; 22 – размольные ферромагнитные элементы; 24 – ротор; 25 – зубчатая поверхность
 Figure 3. Electromagnetic mechanical activator [RF Patent No. 2031592]: 1 – housing; 2 – pump; 3 – pipeline; 4 – tank for a mixture of components; 5 pump; 12, 13 – electromagnets; 14 – automatic control system of the rotor speed; 18 – automatic control system for electromagnets; 20 – winding; 22 – grinding ferromagnetic elements; 24 – rotor; 25 – jagged surface

Интенсификация процесса производства кормовых продуктов в представленном аппарате обеспечивается за счет сокращения стадий обработки, а также возможностью «накачки энергией» поверхностных слоев частиц. Это приводит к сокращению энергетических затрат в последующих технологических процессах [9]. В устройстве обеспечивается удаление магнитных примесей за счет наличия магнитной системы. Тонкое и надежное управление силовыми, магнитными и энергетическими видами взаимодействий в ЭММА осуществляется по двум взаимосвязанным направлениям: путем изменения частоты вращения ротора и регулирования величины индукции магнитного поля. Это обеспечивает выход продуктов помола с заданными технологией размерными параметрами и исключает необходимость дополнительной их классификации [10].

Для определения дисперсности компонентов, обработанных в ЭММА применялся фотоседиментационный метод, основанный на законе Бугера-Ламберта-Бэра:

$$\frac{I_0}{I_x} = e^{-x \cdot c \cdot l} \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность света, который проходит через пласты суспензии;

I_x – интенсивность света, который проходит через пласты чистой дисперсионной среды;

x – коэффициент ослабления; c – концентрация суспензии;

l – толщина пласта суспензии.

Для исследований был применен седиментограф SKC-2000 S.

Результаты исследования процесса обработки частиц панциря краба с требуемой технологией дисперсностью от 30 до 70 мкм выборочно представлены на рис. 4. При этом обработка осуществлялась при значениях индукции 0,2 и 0,25 Тл.

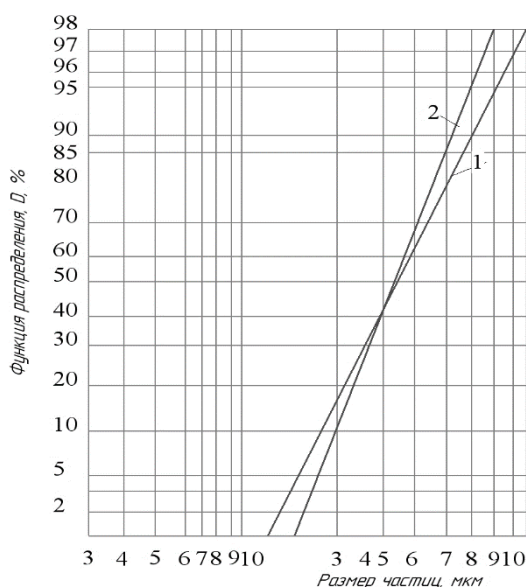


Рисунок 4. Функция распределения частиц панциря краба (10 – 5 мм) в электромагнитном механоактиваторе с режимами: 1 – величина индукции $B = 0.2$ Тл, частота вращения ротора $n = 21$ об/с, коэффициент объемного заполнения размольными органами $K_{po} = 0,4$; 2 – $B = 0,25$ Тл, частота вращения ротора $n = 21$ об/с, коэффициент объемного заполнения размольными органами $K_{po} = 0,4$

Figure 4. Distribution function of crab shell particles (10 – 5 mm) in an electromagnetic mechanical activator with modes: 1 – induction value $B = 0.2$ T, rotor speed $n = 21$ rpm, volumetric filling factor of grinding bodies $K_{ro} = 0.4$; 2 – $B = 0.25$ T, rotor speed $n = 21$ r/s, volumetric filling factor of grinding tools $K_{ro} = 0.4$

Выявлено, что обработка панциря краба при значении электромагнитной индукции в рабочем объеме устройства 0,25 Тл позволяет получить продукт с ровным гранулометрическим составом: размер частиц от 30 до 70 мкм составляет 75%.

Заключение. Представленные результаты исследования подтверждают перспективность использования аппаратов с магнитооживленным слоем ферротел в технологических линиях производства кормовой продукции для аквакультуры. При этом возможность осуществления регулируемого по обрабатываемому материалу диспергирующего воздействия позволяет получать продукт с оптимальными параметрами

дисперсности, пригодным к использованию в самых требовательных стартовых кормах. Совокупность мер по замене импортных дорогостоящих компонентов кормовых добавок на альтернативное высокопитательное сырье отечественного производства, а также включение в аппаратурно – технологические схемы инновационных аппаратов – механоактиваторов с магнитооживленным слоем ферротелл способствуют достижению технологического суверенитета в рыбопромысловой отрасли. Интенсификация процесса переработки кормовых материалов в электромагнитных механоактиваторах обеспечивается за счет сокращения стадий воздействия на обрабатываемый продукт, так как в одном аппарате осуществляются процессы измельчения, перемешивания, механоактивации и классификации. В связи с этим, энергоемкость аппаратурно – технологических линии по производству корма для аквакультуры сокращается до 3,7 раз.

Список источников литературы

1. Беззубцева, М.М. Моделирование процесса измельчения материала в магнитооживленном слое электромагнитных механоактиваторов // достижения вузовской науки. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 22–24.
2. Пуговкин, П.Р. Модель образования сцепляющего усилия в ЭПМ / П.Р. Пуговкин, М. М. Беззубцева // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1987. – № 10. – С. 91–95.
3. Беззубцева, М.М. Анализ классификации мельниц по способу формирования диспергирующего усилия // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – №12-2. – С. 185.
4. Bezzubtseva, M.M. Methodology the determination of the minimum energy fracture of materials // World science: problems and innovations. 2018. – pp. 156–158.
5. Bezzubtseva, M.M. The probability of crushing particles of material in magnetic liquefied layer of electromagnetic mechanoactivation // European Scientific Conference. 2018. – pp. 22–24.
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года от 8 сентября 2022 г. № 2567-р.
7. Аналитический обзор рынка кормовых добавок // FEEDLOT Новости и аналитика рынка кормов URL: <https://feedlot.ru/> (дата обращения: 10.04.2023).
8. Исключительные гранулы для первого кормления // BioMar URL: <https://www.biomar.com/en/russia/articles/news/exceptional-pellets-for-first-feeding/> (дата обращения: 12.04.2023)
9. Bezzubceva, M.M., Kotov, A.V. Assessment of the magnetic fields structure in the working space of electromagnetic mechanical activators of cylindrical design // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2015. – №1. – С. 32.
10. Беззубцева, М.М., Волков, В.С. Инновационные разработки научной школы «Эффективное использование энергии, интенсификация электротехнологических процессов»: монография. – СПб.: СПбГАУ, 2022. – 317 с.

References

1. Bezzubtseva, M.M. (2018) Modeling the process of grinding material in a magnetically fluidized bed of electromagnetic mechanical activators, *Achievements of high school science*, 22–24 (In Russ.)
2. Pugovkin, P.R., Bezzubtseva, M.M. (1987), Model of bond force formation in EPC, *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Elektromekhanika*, no 10, pp. 91–95. (In Russ.).
3. Bezzubtseva, M.M. (2016) Analysis of the classification of mills according to the method of forming the dispersing force, *Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, no 12 – 2, 185 (In Russ.).
4. Bezzubtseva, M.M. (2018) Methodology the determination of the minimum energy fracture of materials, *World science: Problems and innovations*, 156–158.

5. Bezzubtseva, M.M. (2018) The probability of crushing particles of material in magnetic liquefied layer of electromagnetic mechanoactivation, *European Scientific Conference*, 22–24.
6. Decree of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for the development of the agro-industrial and fishery complexes of the Russian Federation for the period up to 2030" dated September 8, (2022), no. 2567-р.
7. Analytical review of the feed additive market // FEEDLOT Feed market news and analytics URL: <https://feedlot.ru/> (Accessed: 04/10/2023).
8. Exceptional pellets for the first feeding // BioMar URL: <https://www.biomar.com/en/russia/articles/news/exceptional-pellets-for-first-feeding/> (Accessed: 04/12/2023).
9. Bezzubtseva, M.M., Kotov, A.V. (2015) Assessment of the magnetic fields structure in the working space of electromagnetic mechanical activators of cylindrical design, *International Journal of Applied and Fundamental Research*. no 1, 32.
10. Bezzubtseva, M.M., Volkov, V.S. (2022), *Innovacionny`e razrabotki nauchnoj shkoly` «E`ffektivnoe ispol`zovanie e`nergii, intensivifikaciya e`lektrotexnologicheskix processov»* [Innovative developments of the scientific school "Efficient use of energy, intensification of electrotechnological processes"], monograph, St. Petersburg, SPbGAU, 317 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Волков Владимир Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 2725-8803, Scopus author ID: 57224405947.

Медведев Геннадий Валериевич – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 3335-0521, Scopus author ID: 790907

Information about the authors

Vladimir S. Volkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 2725-8803, Scopus author ID: 57224405947.

Gennadij V. Medvedev Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University", spin-code: 3335-0521, Scopus author ID: 790907.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 24.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 24.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Научная статья

УДК 621.314.1

doi : 10.24412/2078-1318-2023-2-154-160

СРАВНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Гришин Алексей Дмитриевич¹, Беззубцева Марина Михайловна²

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2,
grischin.aleks201086@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2,
mysnegana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

Реферат. Устройства стабилизации выходного напряжения из сети, спроектированные на отечественной элементной базе, набирают все большую популярность в России, особенно большой интерес вызывают устройства точной и долгосрочной стабилизации с низким пороговым значением выходных пульсаций и встроенным фильтром электромагнитной совместимости. Целью настоящего исследования была проработка топологических решений при проектировании с анализом наиболее эффективной схемы. Был проведён эксперимент, в котором сравнивались способы трассировки токозадающей цепи и возможность применения в схеме встроенного фильтра электромагнитной совместимости в единой конструкции импульсного источника питания. Экспериментальным путем установлено, что методику трассировки токозадающей цепи устанавливает тип выбранного контроллера, так как при проектировании закладываются выдерживаемые пиковые значения нагрузки. Далее рассматривалась возможность применения в схеме планарного трансформатора, применения в схеме встроенного помехоподавляющего фильтра, а также расчет технологических параметров производства печатной платы преобразователя. Таким образом, разработка высокоточного импульсного источника питания в едином корпусе с фильтром электромагнитной совместимости, применяемым в топологических решениях отечественных компонентов, является эффективным и позволяет применять устройство в агрессивной среде эксплуатации, где имеется необходимость в долгой стабилизации выходного напряжения и надежного резервирования.

Ключевые слова: *импульсный источник питания, преобразователь напряжения, помехоподавляющий фильтр, стабилизатор напряжения, фильтр электромагнитной совместимости*

Цитирование: Гришин А.Д., Беззубцева М.М. Сравнение топологических решений при разработке импульсных источников питания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (71). – С. 154-160. doi: 10.24412/2078-1318-2023-2-154-160

COMPARISON OF TOPOLOGICAL SOLUTIONS IN SWITCHED-MODE POWER SUPPLY DESIGN

Grishin A.D.¹, Bezzubtseva M.M.²

¹Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia, grishin.aleks201086@mail.ru

²Saint-Petersburg State Agrarian University, Peterburgskoye shosse, 2, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia, mysnegana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-7981>

Abstract. Mains output voltage stabilisation devices designed on a domestic element base are gaining popularity in Russia, with particular interest in accurate and long-term stabilisation devices with a low output ripple threshold and built-in EMC filter. The aim of this study was to elaborate topological solutions in the design with an analysis of the most efficient scheme. An experiment was carried out comparing how the current feeder circuit is routed and the possibility of using an integrated EMC filter in the circuit in a single switching power supply design. It has been experimentally established that the method of tracing the current feeder circuit is determined by the type of controller selected, as the design is based on the load peaks that can be withstood. The following considerations included the use of a planar transformer in the circuit, the use of an integrated noise filter in the circuit, and the calculation of process parameters for the manufacture of the converter PCB. Thus, the development of a high-precision switching power supply in a single enclosure with an electromagnetic compatibility filter, used in the topological solutions of domestic components, is effective and allows the device to be used in aggressive operating environments where there is a need for long output voltage stabilisation and reliable redundancy.

Keywords: *switching power supply, voltage converter, noise filter, voltage regulator, EMC filter*

Citation. Grishin, A.D., Bezzubtseva, M.M. “Comparison of topological solutions in switched-mode power supply design”, *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*, vol. 71, no. 2, pp. 154-160, (In Russ.). doi : 10.24412/2078-1318-2023-2-154-160

Введение. Цифровизация и роботизация сельского хозяйства набирают всё большую популярность в России. Особенно большой интерес вызывает автоматизированный контроль и дистанционное управление процессом производства на длительный период. Данная процедура длительного управления является дорогостоящей, так как необходимо стабилизировать выходные параметры напряжения из сети. При экспериментальных разработках в области стабилизации напряжения и поддержания рабочих параметров автоматизированного производства как правило используют импульсные источники питания с помехоподавляющим фильтром. Общепринятыми являются два типа топологических решений при проектировании преобразователя: преобразователи, имеющие в конструкции моточные трансформаторы с внешним помехоподавляющим фильтром, и преобразователи с планарным трансформатором и встроенным фильтром. Способы и методики разработки источника питания закладывают основные параметры при трассировке печатной платы, одно из ключевых требований – технологические параметры медных проводников, которые учитывают конструкционные особенности обвязки контроллера, токозадающей цепи,

гальванической развязки, так как от этого зависят уровень выходных пульсаций и параметры стабилизации [1].

Цель исследования. Разработка и проектирование схемы импульсного источника питания с эффективной топологией, расчет и оптимизация параметров токозадающей цепи; повышение энергоэффективности преобразователя за счет внедрения в схему встроенного помехоподавляющего фильтра (фильтра электромагнитной совместимости).

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования являются диапазон выходного напряжения преобразователя, значения скажности и пульсации в момент пиковых значений нагрузки. При проектировании топологических решений преобразователя проводился выбор и расчет параметров токозадающей цепи микроконтроллера, который в последующем определяет диапазон отклонения значений выходного напряжения преобразователя. Оптимально, когда в токозадающей цепи присутствует дополнительный встроенный стабилизатор напряжения, рассчитанный на широкий диапазон входного значения, выходные параметры которого находятся в диапазоне $\pm 0,5$ В. При проектировании трассировки токозадающей цепи необходимо учесть параметры скажности микроконтроллера, которые имеют прямую взаимосвязь с частотой его коммутации и должны попадать в диапазон значений 50%–62,5%. При проведении лабораторных испытаний в нормальных температурных условиях (температура окружающей среды 25°C) диапазон отклонения значений выходного напряжения преобразователя составляет $\pm 0,2$ В, а значения скажности находятся в диапазоне значений 57%–59% [2, 3].

1. Методика эффективности топологических решений

Основными критериями при проектировании преобразователя напряжения являются выбор микроконтроллера, расчет токозадающей цепи, выбор трансформатора.

В современных реалиях на отечественном рынке наблюдается острая нехватка микроконтроллеров управления для импульсных источников питания, именно этот фактор оказывает ключевое влияние на выбор топологии, а именно на ориентацию на отечественного производителя.

Выбор микроконтроллера для преобразователя производится по следующим критериям: напряжение питания (V_i), требуемый выходной пиковый ток (I_o), выходная мощность микроконтроллера (выходная энергия) (E_o), диапазон температурного применения (T_{sta}), температура автоматизированной пайки (необходимо учитывать для серийного производства (T_l)). Исходя из данных факторов, производят выбор для класса преобразователя AC/DC, оптимальным является микроконтроллер UC3845B (STMicroelectronics), отечественным аналогом которого является микроконтроллер класса ШИМ-регулятор 1114EU7 (ОАО «ИНТЕГРАЛ»).

Данный тип микроконтроллеров нашел широкое применение в преобразователях за счет высокой надежности и низкой цены [4].

Микроконтроллер работает следующим образом. На вывод Isurse (PIN3) подается токозадающей сигнал с цепи обвязки, состоящей из керамических конденсаторов и SMD-резисторов, далее сигнал проходит через встроенный внутри микроконтроллера компаратор; сравнив значение сигнала, отправляет его на внутренние транзисторы на выводе OutPut (PIN6), следовательно, данный вывод управляет внешней токозадающей цепочкой, а вывод Vcc (PIN7) является положительным контактом входного напряжения микроконтроллера,

позволяющим микроконтроллеру начинать работу после подачи на него напряжения с цепи транзисторов.

Следующей цепочкой для повышения энергоэффективности преобразователя служит цепь обвязки микроконтроллера (выходная токозадающая цепь). Она должна быть рассчитана на высокие пиковые значения проходящего тока в момент резкого изменения нагрузки или при включении подключенной максимальной нагрузки [5, 6].

Существенным недостатком данной схемы является непостоянство выбора компонентов, так как при смене производителя компонентов (транзисторов, диодов и конденсаторов) приходится заново производить расчет токозадающей цепи, а именно участка резисторов от транзистора на вывод V_{cc} микроконтроллера.

Последним фактором, влияющим на эффективность источника питания, является трансформатор, который чаще всего задает еще и масса-габаритные параметры устройства.

Основными видами трансформаторов для импульсных источников питания являютсямоточные и планарные трансформаторы.

Моточный трансформатор – это наиболее распространенный и дешевый вариант, имеющий ряд недостатков: низкую частоту коммутации, большие габаритные характеристики, шумность и при испытаниях на пробой имеется вероятность пробоя между обмотками во вторичной цепи.

Планарный трансформатор – это более сложное устройство с частотой коммутации 800 кГц-1000 кГц, проектируемый сразу на печатной плате, что позволяет экономить место в итоговом виде устройства [7].

Из этого следует, что для сельскохозяйственных нужд (применение импульсных источников питания на длительное время, в агрессивной среде эксплуатации и нестабильном входном напряжении из сети) для достижения эффективного преобразователя необходимо применить следующие решения:

- применение микроконтроллера класса ШИМ-регулятора;
- расчет и проектирование токозадающей цепи (рассчитанной на пиковые значения нагрузки, равные 1,5 значениям от номинальных);
- использование планарного трансформатора.

2. Внедрение в схему встроенного помехоподавляющего фильтра

Вторым из основных критериев топологии является помехоподавляющий фильтр. Для реализации схемы управления используются две последовательно соединенные индуктивности (номинальное значение 10 мГн ± 10%) и пленочные конденсаторы емкостью 1500 мФ (35В) с точностью ± 10%.

Устройство встроенного фильтра представляет собой дополнительную гальваническую развязку схему, реализованную за счет оптопары транзисторной (PC123 SHARP), а также за счет реализации топологии печатной платы с высотой проводника 35 мкм с шириной 0,5 мм (минимальный зазор между проводниками необходимо установить в 1,0 мм).

После изготовления печатной платы в соответствии с данными требованиями и финальным покрытием платы (HASL, равнозначно ПОС-63) производятся лабораторные испытания на пробой (по методике проверки на напряжение 1000 В) и повторяется несколько раз на минимальных и максимальных нагрузках [8, 9, 10].

Результаты исследования. Проведен эксперимент, в котором сравнивались значения параметров скажности и пульсации, а также параметры стабилизации напряжения при различных вариантах трассировки и выбранных расчетных параметрах компонентов.

Перед изготовлением печатной платы и проведением лабораторных испытаний были рассчитаны все основополагающие компоненты в соответствии с методиками производителей. Были рассчитаны минимальные значения топологических требований (с дополнительно заложенными параметрами, превышающими номинальные значения в 2 раза). Основными требованиями при проектировании были следующие: входное напряжения импульсного источника питания 175–250 В, значение выходного напряжения $24 \text{ В} \pm 0,2 \text{ В}$, значение скажности должно было находиться в пределах 50,062,5%, значение пульсаций не должно было превышать 320 мВ. Данные критерии являлись ключевыми при проектировании и проведении эксперимента (таблица).

Таблица. Сравнение топологических решений импульсного источника питания
Table. Comparison of topological solutions of a switching power supply

Номер опыта	Показатели	Выходное напряжение, В	Пульсации, мВ	Скажность, %	Входное напряжение, В	Температура нагрева устройства, °С
1	Лабораторные значения	24,20	318	52,8	175	37
	Допустимые значений	24,00-24,20	310-320	50,0-62,5		35-40
2	Лабораторные значения	24,20	302	53,4	190	46
	Допустимые значений	24,00-24,20	295-305	50,0-62,5		42-48
3	Лабораторные значения	24,15	289	55,2	200	54
	Допустимые значений	24,00-24,20	280-290	50,0-62,5		50-55
4	Лабораторные значения	24,12	270	57,1	210	55
	Допустимые значений	24,00-24,20	265-275	50,0-62,5		50-55
5	Лабораторные значения	24,10	256	58,2	220	62
	Допустимые значений	24,00-24,20	250-260	50,0-62,5		60-65
6	Лабораторные значения	24,05	247	59,1	230	66
	Допустимые значений	24,00-24,20	235-250	50,0-62,5		65-68
7	Лабораторные значения	24,05	215	60,8	250	70
	Допустимые значений	24,00-24,20	210-220	50,0-62,5		68-72

Из проведенных экспериментальных включений было выявлено, что значения скажности и выходные пульсации микроконтроллера при применении в схеме планарного трансформатора в 2,5 раза меньше, чем при применении моточного трансформатора, а также попадают в допустимый диапазон выходных значений. А при различных параметрах нагрузок выходное напряжение преобразователя остается стабильным и находится в допустимых значениях.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение в схеме импульсного источника питания планарного трансформатора, а также восторенного помехоподавляющего фильтра является эффективным, повышает КПД устройства с 86% до 92% применение универсальной схемы токозадающей цепи дает возможность использовать длительное время нестабильное входное напряжение, позволяя применять преобразователь в сельском хозяйстве и в агрессивной среде эксплуатации.

Список источников литературы

1. Muhammad Zubair, Changwoo Yoon, Hyunyoung Kim, Jisu Kim, Jinsul Kim. Smart Wearable Band for Stress Detection, In: 2015 5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS). IEEE; 2015:1 – 4. doi:10.1109/ICITCS.2015.7293017.
2. M Chaves, E Margato, JF Silva, SF Pinto, J Santana, IET Gener Transm Distrib, 5, 368, (2011). doi:10.1049/iet-gtd.2010.0499.
3. Ketan Shringarpure, Siming Pan, Jingoek Kim, James L Drewniak, IEEE Trans Electromagn Compat., 58, 849 – 858, (2016). doi:10.1109/TEMC.2016.2535459.
4. Jae-Jung Yun, Hyung-Jin Choe, Young-Ho Hwang, Yong-Kyu Park, Bongkoo Kang, IEEE Trans Ind Electron., 59, 1808 – 1814, (2012). doi:10.1109/TIE.2011.2141095.
5. Sin-Woo Lee, Hyun-Lark Do, IEEE Trans Ind Electron., 65, 7753–7761, (2018). doi:10.1109/TIE.2018.2803731.
6. Rong Wu, Johan H Huijsing, Kofi AA Makinwa, IEEE J Solid – State Circuits., 46, 2794–2806, (2011). doi:10.1109/JSSC.2011.2162923.
7. Rogerio Luiz da Silva, Telles Brunelli Lazzarin, Ivo Barbi, IEEE Trans Ind Electron., 65, 8422–8432, (2018). doi:10.1109/TIE.2018.2808900.
8. Shashi Kant Pandey, Soumya R Mohanty, Nand Kishor, Renew Sustain Energy Rev., 25, 318–334, (2013). doi:10.1016/j.rser.2013.04.029.
9. Беззубцева М.М. Разработка топологии импульсного AC/DC – преобразователя / М. М. Беззубцева, А. Д. Гришин // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно – практической конференции, Санкт-Петербург – Пушкин, 25–27 мая 2022 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2022. – С. 247–250. – EDN HQDITD.
10. Гришин А.Д. Применение преобразователей напряжения в сельском хозяйстве / А. Д. Гришин, М. М. Беззубцева // Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК: Материалы международной научно – практической конференции молодых ученых и обучающихся, Санкт-Петербург – Пушкин, 16–18 марта 2022 года. Том Часть II. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2022. – С. 52–55. – EDN IDEGHW.

References

1. Muhammad Zubair, Changwoo Yoon, Hyunyoung Kim, Jisu Kim, Jinsul Kim. Smart Wearable Band for Stress Detection, In: 2015 5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS). IEEE; 2015:1 – 4. doi:10.1109/ICITCS.2015.7293017.
2. M Chaves, E Margato, JF Silva, SF Pinto, J Santana, IET Gener Transm Distrib, 5, 368, (2011). doi:10.1049/iet-gtd.2010.0499.
3. Ketan Shringarpure, Siming Pan, Jingoek Kim, James L Drewniak, IEEE Trans Electromagn Compat., 58, 849–858, (2016). doi:10.1109/TEMC.2016.2535459.

4. Jae-Jung Yun, Hyung-Jin Choe, Young-Ho Hwang, Yong-Kyu Park, Bongkoo Kang, IEEE Trans Ind Electron., 59, 1808 – 1814, (2012). doi:10.1109/TIE.2011.2141095.
5. Sin-Woo Lee, Hyun-Lark Do, IEEE Trans Ind Electron., 65, 7753–7761, (2018). doi:10.1109/TIE.2018.2803731.
6. Rong Wu, Johan H Huijsing, Kofi AA Makinwa, IEEE J Solid – State Circuits., 46, 2794–2806, (2011). doi:10.1109/JSSC.2011.2162923.
7. Rogerio Luiz da Silva, Telles Brunelli Lazzarin, Ivo Barbi, IEEE Trans Ind Electron., 65, 8422–8432, (2018). doi:10.1109/TIE.2018.2808900.
8. Shashi Kant Pandey, Soumya R Mohanty, Nand Kishor, Renew Sustain Energy Rev., 25, 318–334, (2013). doi:10.1016/j.rser.2013.04.029.
9. Bezzubtseva M.M. Development of the topology of a pulsed AC/DC converter / M. M. Bezzubtseva, A.D. Grishin // Scientific support for the development of agriculture in the conditions of import substitution: a collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference, St. Petersburg – Pushkin, May 25–27, 2022. – St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2022. – pp. 247–250. – EDN HQDITD.
10. Grishin A.D. Application of voltage converters in agriculture / A.D. Grishin, M. M. Bezzubtseva // Intellectual potential of young scientists as a driver of agricultural development: Materials of the International scientific and practical conference of young scientists and students, St. Petersburg – Pushkin, March 16–18, 2022. Volume Part II. – St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2022. – pp. 52–55. – EDN IDEGHW.

Сведения об авторах

Гришин Алексей Дмитриевич – аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3703-6045, AuthorID: 1096393.

Беззубцева Марина Михайловна – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологий, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», spin-код: 7467-3451, AuthorID: 271361.

Information about the authors

Grishin Alexey Dmitrievich – postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University" SPIN-code: 3703-6045, AuthorID: 1096393.

Bezzubtseva Marina Mikhailovna – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Agrarian University" spin-code: 7467-3451, AuthorID: 271361.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 03.04.2023; одобрена после рецензирования 12.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 03.04.2023; approved after reviewing 12.05.2023; accepted after publication 16.06.2023.

Требования к научным статьям, публикуемым в журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета»

Уважаемые коллеги!

Санкт-Петербургским государственным аграрным университетом издается журнал «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета». С 2007 года журнал включен в утвержденный ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, где публикуются основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, а также в базу данных международной информационной системы AGRIS, в библиографическую базу данных – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на официальном сайте ФГБОУ ВО СПбГАУ. Подписной индекс – ВН 017771. Статьям присваивается DOI (цифровой идентификатор объекта).

В журнале публикуются статьи по следующим группам специальностей:

- 4.1. Агронómия, лесное и водное хозяйство: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство; 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология; 4.1.3. Агрoхимия, агропочвоведение, защита и карантин растений; 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры;
- 4.2. Зоотехния и ветеринария: 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства; 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса; 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Основные требования к статьям, предоставляемым для публикации в журнале:

1. Статья должна соответствовать основным научным направлениям журнала, а также содержать результаты научных исследований, теоретические, практические (инновационные) разработки, готовые для использования и являющиеся актуальными на современном этапе научного развития.

2. Размер текста статьи должен составлять 7-10 страниц на листах А4, шрифт Times New Roman, шрифт 14, межстрочный интервал – 1,5.

3. В редакционно-издательский отдел необходимо предоставить следующие материалы:

- **текст статьи** на русском языке в бумажной версии (для сторонних авторов – электронной; формат файла: doc, docx; на эл.почту izvestiya@spbgau.ru) согласно требованиям к структуре и содержанию статьи с обязательным указанием контактных телефонов авторов; **допускается не более 3-х авторов**;
- **реферат (200–250 слов)** на русском и английском языках; **ключевые слова (не более 7 слов)** на русском и английском языках; **информацию об авторе** (авторах) статьи на русском и английском языках (электронная почта, место работы, адрес места работы).

Правила оформления статьи:

- номер УДК (12 шрифт светлый);
- ученая степень, (шрифт 12 строчный), **и.о. фамилия** (шрифт 12 жирный прописной);
- место работы (шрифт 12 строчный), e-mail (шрифт 12 строчный) в скобках;
- **название статьи** (шрифт 14 жирный прописной);
- основной текст (шрифт 14 строчный);
- список источников литературы, **References** (шрифт 12 строчный жирный, разреженный).

Текст статьи необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: **введение; цель исследования; материалы, методы и объекты исследования; результаты исследования; выводы** (отмечать подзаголовки жирным шрифтом), библиографический список. *Библиографический список: не менее 10 источников*, включая иностранные, оформляется общим списком в конце статьи и представляется на русском языке и **в латинице – References, стандарт «Harvard»**. Литература должна быть оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018. Список составляется в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (в порядке цитирования). Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например [1].

4. Поступившие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование и проверяются на заимствования по программе «Антиплагиат».

5. Стоимость публикации для сторонних авторов – 550 руб. (1 стр.).

6. В каждом журнале допускается публикация только одной статьи одного и того же автора.

7. Рекомендуемая стоимость 1 экз. журнала: 900 руб. для всех категорий покупателей.

Редакция оставляет за собой право на воспроизведение поданных авторами материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража экземпляров.

Подробная информация о журнале «Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета» на сайте <http://spbgau.ru/izvestiya>.

ИЗВЕСТИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Рецензируемый научный журнал
4 номера в год
№ 2 (71)

Подписано к печати 22.06.2023
Формат 60×84 1/8. П.л. 20,5. Тираж 1000. Заказ 180
Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных оригиналов
в Издательско-полиграфическом комплексе
Санкт-Петербургского государственного аграрного университета
г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2